S-ES-B

HARVARD UNIVERSITY.

LIBRARY

OF THE

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOÖLOGY.

5271

July 21, 1905.

JUL 21 1905

5271

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE

ZOOLOGIQUE ET MALACOLOGIQUE

DE

BELGIQUE

T. XXXIX

ANNÉE 1904

BRUXELLES
P. WEISSENBRUCH, IMPRIMEUR DU ROI
49, RUE DU POINÇON, 49

10 juin 1905

JUL 21 1905

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE ZOOLOGIQUE ET MALACOLOGIQUE

DE

BELGIQUE

a9 86/6

ANNALES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE

ZOOLOGIQUE ET MALACOLOGIQUE

DE

BELGIQUE

T. XXXIX

ANNÉE 1904

BRUXELLES

P. WEISSENBRUCH, IMPRIMEUR DU ROI

49, RUE DU POINÇON, 49

MÉMOIRES

LISTE DES BRYOZOAIRES MARINS

DES

COLLECTIONS DU MUSÉE ROYAL D'HISTOIRE NATURELLE DE BRUXELLES

PAR

L. CALVET,
Sous-directeur de la Station zoologique de Cette.

M. le Dr É. Rousseau ayant bien voulu me confier la détermination de quelques échantillons de Bryozoaires marins des collections du Musée royal d'Histoire naturelle de Bruxelles, je crois utile, au point de vue de la distribution géographique de ce groupe, de publier la liste des espèces auxquelles j'ai pu rapporter ces divers matériaux, avec l'indication de leur provenance.

Aetea truncata (Landsborough).

Plusieurs colonies sur les rameaux de *Tubucellaria opuntioides*, Pallas, en compagnie de *Pherusa tubulosa*, Ell. et Sol.

Provenance : ? (probablement de la Méditerranée).

Menipea cirrata, Lamouroux.

Provenance : Baie de la Table (Afrique australe).

Cette espèce bien caractérisée par la forme de ses aviculaires frontaux et latéraux, ainsi que par les trois longues épines marginales de la frontale zoéciale, possède aussi un port bien particulier : tous les rameaux secondaires et tertiaires s'incurvent intérieurement vers l'axe qui les porte, de manière que toutes les faces dorsales des rameaux sont extérieures par rapport à la colonie considérée dans son ensemble. Il y a lieu de croire que cette disposition a été acquise

comme étant la plus favorable pour abriter les épines zoéciales et les aviculaires frontaux contre l'action des courants sous-marins.

Menipea triseriata, Busk.

Provenance : Baie de la Table.

Cette espèce n'a encore été signalée que sur les côtes de l'Afrique du Sud où elle paraît être cantonnée.

Bugula neritina (Linné).

Provenance : Naples.

Membranipora membranacea (Linné).

α. Forma **typica.**

Provenance : Alverstrœmmen (Norvège). Nombreuses colonies sur les frondes d'une algue.

β. Var. **serrata,** Hincks.

Provenance : Alverstrœmmen, Bergen, Puddefjord; baie de la Table (Afrique australe).

Tous ces échantillons, très nombreux, se rapportent bien à la variété *serrata*, telle que l'a décrite Hincks (*Polyzoa Queen Charl. Isl.*, p. 12). La frontale membraneuse des zoécies est limitée par une bordure calcaire hérissée de fins denticules, parmi lesquels il en est quelques-uns plus développés, s'avançant sur l'aréa membraneuse à la façon de spinules.

Dans les échantillons provenant de la baie de la Table, les épines zoéciales, orales, y sont courtes et massives, et les parois limitant la frontale des zoécies, plus épaisses que dans les autres spécimens.

Membranipora villosa, Hincks.

Provenance : Amérique occidentale.

Cette espèce n'a encore été signalée que sur les côtes de Californie.

Membranipora ornata (Busk).

Provenance : Banana (État Indépendant du Congo).

Ce n'est qu'avec quelques doutes que je rapporte les échantillons de Banana à la *Vincularia ornata* de Busk, et la description que donne cet auteur pour cette dernière espèce est trop imparfaite pour préciser davantage la détermination.

Les zoécies possèdent à peu près tous les caractères indiqués par Busk, mais le cryptocyste est un peu moins développé que dans la figure que donne cet auteur pour *V. ornata*. Dans tous les échantillons de Banana, l'aréa membraneuse de la frontale occupe environ les trois quarts de la longueur de la zoécie; elle est limitée latéralement et distalement, par les parois latérales et distale de la zoécie qui constituent une bordure armée de très fines spinules se projetant dans l'aréa, et proximalement, par un cryptocyste finement verruqueux, portant, lui aussi, des spinules de distance en distance.

Enfin, les zoécies sont disposées sur deux couches, dos à dos, formant un zoarium abondamment ramifié, dont les rameaux se réunissent de manière à produire une colonie comparable dans sa forme à celle d'*Adeonella intricaria*, Busk.

Membranipora Dumerili (Audouin).

Provenance : Bergen, Puddefjord.

Membranipora pilosa (Linné).

α. Var. **laxa**, Smitt.

Provenance : Alverstrœmmen.

Quelques échantillons bien caractérisés par la disposition linéaire et ramifiée de la colonie; sur les rameaux d'une algue.

β. Var. **verticillata**, Solander.

Provenance : Baie de la Table.

Une belle colonie dont les axes principaux mesurent jusqu'à neuf centimètres de hauteur.

γ. Var. **tenuis**, Norman.

Provenance : Bergen, Puddefjord; Alverstrœmmen.

δ. Var. ?

Provenance : Les nombreuses colonies de *Membranipora pilosa* que je rapporte à cette variété indéterminée, ont été récoltées à Ostende sur un mât flotté venant du cap Horn. La présence de *Farrella repens*, var. *elongata* van Beneden, portée par ces colonies semble indiquer que ces Bryozoaires se sont développés à Ostende.

Dans les divers échantillons de cette Membranipore, les zoécies, disposées sur deux couches, dos à dos, forment des expansions foliacées, plus ou moins ramifiées, mais étroites, leur donnant un aspect flustroïde. L'aréa membraneuse, à forme ovale, occupe environ les deux tiers de la frontale; elle est entourée d'un cryptocyste à pores circulaires, portant d'une façon régulière quatre épines latérales, assez fines, deux de chaque côté, et une épine médiane, inférieure, beaucoup plus longue que les autres.

Tubucellaria opuntioides (Pallas).

Provenance : ? (probablement de la Méditerranée).

Cribrilina annulata (Fabricius).

Provenance : Alverstrœmmen.

Ouchoporella bombycina (Linné).

Provenance : Baie de la Table.

Microporella ciliata (Pallas).

Provenance : Bergen, Puddefjord; baie de la Table.

L'échantillon provenant de la baie de la Table a pour caractère d'avoir deux aviculaires d'une façon à peu près constante sur toutes les zoécies.

Schizoporella hyalina (Linné).

Provenance : Bergen, Puddefjord ; baie de la Table.

Dans les spécimens provenant de cette dernière localité, on observe une disposition entassée, celléporoïde, des zoécies, en même temps qu'un dimorphisme très accusé dans les différents individus des colonies : il y a de grandes zoécies à côté d'autres beaucoup plus petites.

Palmicellaria Skenei (Solander).

Provenance : Bergen, Bischoffsbaven.

Tubulipora flabellaris (Fabricius).

Provenance : Bergen, Puddefjord.

Tubulipora phalangea, Couch.

Provenance : Bergen, Puddefjord.

Lichenopora hispida, Fleming.

Provenance : Bergen, Puddefjord.

Lichenopora verrucaria (Fabricius).

Provenance : Bergen, Puddefjord.

Flustrella hispida (Fabricius).

Provenance : Bergen, Puddefjord.

Pherusa tubulosa (Ellis et Solander).

Provenance : ? (probablement de la Méditerranée).

Farrella repens (Farre).

Provenance : ? Ostende.

Les nombreux échantillons de cette espèce que j'ai trouvés sur les colonies de *Membranipora pilosa*, var. ?, appartiennent à la variété *elongata* van Beneden.

LA BIOLOGIE DES EAUX POTABLES

PAR

Ad. KEMNA

L'eau est un élément essentiel pour les nécessités de la vie; les êtres organisés n'ont pu se développer que dans les endroits où ce liquide leur est accessible en quantité suffisante. Les particularités structurales qui caractérisent la flore désertique sont toutes des adaptations pour utiliser au maximum la petite quantité d'eau disponible et pour éviter la déperdition d'une substance si précieuse, véhicule des matières nutritives, milieu où doivent s'accomplir les phénomènes chimiques de la vie. Tandis que la partie feuillue est réduite au minimum, les racines deviennent parfois énormes, plongeant à de grandes profondeurs; cette disproportion entre les deux systèmes se comprend aisément par les considérations ci-dessus. Ou bien les feuilles se transforment en simples piquants, sans aucune fonction physiologique d'élaboration, respiration ou transpiration, toutes ces fonctions étant reprises par la tige elle-même, chlorophyllée et verte, juteuse et réservoir d'eau, protégée par une couche imperméable comme un vernis à la cire. C'est le programme réalisé par les Cactées. Les épines sont ici une protection indispensable contre les animaux, eux aussi assoiffés et qui ne manqueraient pas sans cela de profiter de l'eau, si péniblement recueillie par la plante.

Le sol renferme de l'eau sous forme d'une nappe continue, dite nappe phréatique. Bien avant d'arriver à cette couche réellement liquide et qui est parfois très profonde, les terrains meubles renferment de l'eau, élevée au-dessus de la nappe par les actions capillaires des interstices entre les grains et par l'adhérence autour des particules. Ces quantités d'eau sont parfois considérables. La proportion du vide au plein dans une masse composée d'éléments distincts peut s'élever jusque près de 50 p. c. Quand on suppose un sable

théorique, composé de grains sphériques et égaux, la proportion de vide est le rapport entre la sphère et le polyèdre circonscrit, délimité par les plans tangents aux points de contact des sphères entre elles. Pour l'arrangement des grains où ce polyèdre est un cube (quatre contacts latéraux, un supérieur, un inférieur), nous avons le rapport de la sphère au cube, soit un vide de 47.64 p. c. En prenant la densité à 4.5, les 52.36 parties de quartz pèseront 235 et l'eau 47, c'est-à-dire qu'un pareil sable renfermera exactement 20 p. c. d'eau en poids.

Trois autres arrangements réguliers des grains sont théoriquement possibles. Avec six contacts latéraux, un supérieur, un inférieur, le polyèdre délimité par les points de contact est un prisme hexagonal terminé par des faces planes et la porosité est de 39.54 p. c.

Avec quatre contacts latéraux, quatre au-dessus et quatre en dessous, le polyèdre est le dodécaèdre rhomboïdal; la porosité est 27.91 p. c.

Enfin, pour six contacts latéraux, avec trois au-dessus et trois au-dessous, le polyèdre est un prisme hexagonal terminé par des pyramides triangulaires, dont les faces reposent symétriquement sur les arêtes verticales alternes du prisme. La porosité est alors à un minimum de 22.04 p. c.

Quand on passe de cette simplicité théorique à la réalité concrète, les choses sont beaucoup plus compliquées. Les grains de sable ne sont pas exactement sphériques et ne sont pas tous égaux. Mais il est fort remarquable que, pratiquement, le calcul théorique se vérifie, et que l'on peut compter, comme le démontrent des expériences et la pratique, sur environ 20 p. c. en poids d'eau.

Les rapports volumétriques entre la sphère et le polyèdre circonscrit étant indépendants des dimensions concrètes, il en résulte cette conséquence paradoxale au premier abord que la porosité est toujours la même, pour un sable grossier ou même du gravier, comme pour le sable le plus fin. Mais il y aura une grande différence dans le pouvoir de rétention en eau de ces diverses couches. Le gravier laissera écouler par drainage la plus grande quantité de l'eau interposée entre ses éléments; au contraire, dès que par suite de la finesse du grain les interstices sont moindres que la zone des actions capillaires, l'eau sera retenue avec une grande énergie; 100 grammes de sable fin, additionnés de 20 centimètres cubes d'eau, donnent une masse humide, mais solide et cohérente, dont on ne pourrait rien extraire

par drainage et qui serait pratiquement stérile pour une alimentation de distribution [1].

Le végétal est mieux outillé que l'ingénieur hydrologue. L'ingénieur ne peut recueillir que l'eau qui veut bien s'écouler par la simple action de la pesanteur; il est désarmé contre la rétention capillaire. Le végétal met en œuvre d'autres actions capillaires pour le moins aussi énergiques et les supplémente par les actions d'osmose. Les radicelles s'insinuent dans les plus petits espaces, prennent contact intime avec les grains et leur soutirent l'eau adhérente. Les sables dunaux, secs et pulvérulents, peuvent être fixés par une végétation appropriée; la Campine, qui se prolonge depuis le nord de la province d'Anvers jusque dans la Prusse orientale, a sa couverture monotone de pins.

Les animaux terrestres sont plus étroitement liés à l'eau en masse liquide. Dans la nature vierge, les grands mammifères tracent des routes vers l'abreuvoir et c'est là que le chasseur va se mettre à l'affût. L'accumulation des fossiles en certains dépôts d'eau douce, comme le marais de Lierre qui a donné le Mammouth, la vallée de Bernissart avec son gîte d'Iguanodons, les trouvailles des paléontologistes américains, s'expliquent par la visite quotidienne aux mares.

L'homme primitif aura très probablement été sous la même dépendance. Quand il errait en familles isolées, ses excursions devaient être limitées à la possibilité de trouver à boire dans les haltes. Quand il s'est établi d'une façon plus permanente dans les grottes, la proximité d'un cours d'eau pour les besoins du ménage a été une considération importante. La civilisation débutante, comportant l'agglomération de plus nombreux individus, n'a pu se produire que sur les terrains où l'eau était facilement accessible. La répartition des villages dans certaines régions des Ardennes est déterminée par la nature perméable ou imperméable des couches géologiques.

L'antiquité historique nous a légué, parmi les monuments, les aqueducs et les thermes. Une série fragmentaire d'arcades d'aqueduc est un accessoire obligé de tout paysage de la campagne romaine ou de l'Orient. L'importance de ces travaux nous étonne encore aujourd'hui et démontre le grand rôle de l'eau dans la vie de la cité antique.

---

(1) *Voir* dans les *Procès-verbaux de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie* (Bruxelles), tome XV, année 1901, page 122 : Ad. Kemna, « La Géométrie des couches de sable » et la discussion sur le boulant.

Les Arabes ont continué ces traditions et l'Espagne, par exemple, a été par eux admirablement irriguée. Chaque calife tenait à honneur, non seulement de maintenir, mais d'ajouter ; il est triste de constater que la contribution des rois castillans a surtout consisté en déperditions et fuites.

Toute cette organisation si perfectionnée de la civilisation romaine disparut dans l'effondrement de l'empire. Les Barbares ne se lavaient pas ; les grands besoins pour la propreté corporelle ayant disparu, l'alimentation était suffisamment assurée au moyen de puits domestiques. Quand on revint à des distributions générales, ce fut sous une forme rudimentaire et sans aucune comparaison possible avec les vastes installations de l'antiquité.

La différence était surtout marquée au point de vue de la nature des eaux captées. Dans la mesure de leurs connaissances restreintes, les anciens se préoccupaient de l'origine de l'eau; il est manifeste qu'ils donnaient la préférence aux sources, probablement à cause de leur fraîcheur relative en été, de leur égalité de température, de leur clarté. Le moyen âge et la renaissance étaient moins exigeants; les ingénieurs hollandais, qui avaient la spécialité de ce genre de travaux, installaient tout simplement une roue hydraulique sous une arche de pont et distribuaient l'eau de la rivière qui traversait la ville.

Avec l'augmentation des populations, les besoins devinrent naturellement plus grands, non seulement absolument, mais aussi relativement, par suite de la civilisation et du développement de l'industrie. Malheureusement, la pollution des cours d'eau à ciel ouvert augmentait aussi ; de façon que le problème se compliquait sous le double aspect de la quantité et de la qualité.

L'intervention de la science, constituée dans le cours du XIXe siècle, ne fit qu'accentuer cette situation. A la seule norme des caractères organoleptiques, vinrent s'adjoindre les exigences de la chimie. On détermina d'abord globalement la teneur en matières dissoutes, le résidu total d'évaporation. Quand on eut appris à faire couramment la séparation des métaux et leur dosage quantitatif, on s'attacha à déterminer la composition de ce résidu solide et les sels de chaux, l'élément dominant, fixèrent surtout l'attention. La facilité de la réaction oxydante du permanganate de potasse est responsable en partie de l'importance attribuée aux « matières organiques ». Enfin, la simplification de la technique par la méthode à la gélatine de Koch a

permis à la bactériologie d'envahir brusquement et de bouleverser le domaine de l'hydrologie.

L'influence de l'eau sur l'hygiène publique ne pouvait être que vaguement soupçonnée, tant que la médecine se contentait pour les épidémies d'invoquer des miasmes insaisissables ou d'autres causes, comme par exemple la « constitution épidémique ». On n'en a pas moins attaché assez tôt une grande importance à la pollution des eaux, surtout aux matières organiques et plus spécialement à celles d'origine animale. De là, les tentatives des chimistes pour différencier ces deux sortes de pollution; les deux méthodes les plus connues sont celles de Frankland par le dosage du carbone et de l'azote, et celle de Wanklyn par l'ammoniaque. Il est certain que beaucoup d'eaux mauvaises ont été condamnées à juste titre par ces divers procédés; mais il n'est pas moins certain qu'un discrédit immérité a été jeté sur beaucoup d'eaux, imparfaites au point de vue chimique, mais hygiéniquement, parfaitement inoffensives; bien des eaux du sous-sol, par exemple, sont sulfurées et ferrugineuses, chimiquement non potables; mais elles viennent de la profondeur, sont absolument inoffensives et actuellement la tendance en Allemagne est d'y revenir, de les aérer pour précipiter le fer et de retenir l'oxyde précipité par un filtrage rapide; ce système a donné d'excellents résultats. Mais l'analyse chimique a une imperfection plus grave, en ce qu'elle est parfois impuissante à déceler une pollution des plus dangereuses. En mars 1884, la distribution d'eau de Zurich a donné en six semaines la fièvre typhoïde à 2 p. c. de la population, sans presque modifier son excellente composition chimique.

La bactériologie a donné à la notion de contage une forme précise : le Microbe est l'élément nocif; sa pullulation dans l'organisme est la maladie. Or, le Microbe est un être vivant; sa pullulation est un phénomène de croissance et de multiplication. L'épidémiologie devient ainsi une section de la biologie. Deux maladies sont spécialement disséminées par l'eau de boisson : le choléra et la fièvre typhoïde. En stricte logique, leur étude est donc un chapitre de la biologie des eaux.

La transmission hydrique de ces deux affections est démontrée par un ensemble considérable de faits, absolument probants. On avait remarqué dans les anciennes épidémies de choléra que le fléau avait une tendance marquée à suivre les cours d'eau d'amont en aval. La

pompe de Bond street à Londres est classique; dans un quartier excentrique et indemne, il se produit des cas dans une seule maison, où, par une lubie de vieille femme, la maîtresse se faisait apporter tous les jours de l'eau de cette pompe. Mais le chloléra de Hambourg, en août 1892, est de loin le plus intéressant, parce que c'est la première épidémie qui ait pu être étudiée sérieusement à la lumière de la bactériologie par Koch lui-même. L'eau prise telle quelle à l'Elbe a été contaminée par un campement temporaire d'émigrants russes; la maladie a tracé avec la plus scrupuleuse exactitude la délimitation entre le territoire de Hambourg et celui d'Altona, alimentée aussi par l'Elbe, mais filtrée; et même elle a décelé quelques blocs de maisons alimentés par l'autre district, restant indemnes quand, sur le territoire hambourgeois, elles recevaient l'eau d'Altona, — présentant des cas quand, dans Altona, elles étaient alimentées par Hambourg.

Le choléra n'est pas très rare en Égypte, dans l'Inde, en Chine, en Espagne, en Russie, pays à demi-civilisés où son étude est difficile; il manque heureusement dans les pays européens où la statistique n'est pas une plaisanterie. Mais, en revanche, le typhus est encore assez répandu et éclate parfois avec une virulence extraordinaire. Le cas de Zurich a déjà été cité. En septembre 1898, la ville de Maidstone, dans le comté de Kent, près de Canterbury, a eu 5 p. c. de sa population atteinte; des sources, d'ailleurs fort mal captées, avaient été contaminées par un campement d'ouvriers venus pour la cueillette du houblon. Les premiers cas étaient localisés dans le district alimenté par ces sources; mais une rue reste indemne et l'on se rappelle que quelques années auparavant, par suite d'une réparation, le tuyau avait été raccordé à un autre réseau. Et comme pour rendre l'exemple absolument complet, il y a le cas inverse d'une rue d'un autre district, qui aurait dû rester indemne, mais qui est affectée, parce qu'elle recevait l'eau contaminée.

La ville de Paris est également un exemple fort instructif et qui a quelque peu l'avantage d'être une nouveauté, de ne pas traîner dans les traités élémentaires d'hygiène à l'usage des étudiants. Non pas que les faits en eux-mêmes soient récents, ils sont, au contraire, coutumiers depuis longtemps. Mais ce n'est que depuis quelques années qu'ils ont été mis au jour. Les rapports de la commission d'enquête publiés par l'observatoire municipal de Montsouris, avec un courage digne d'éloges, ont dit la pleine et entière vérité. Dans les premières années de l'empire, Napoléon III, très sincèrement préoccupé de phil-

anthropie et d'hygiène, a voulu remédier à l'état fort précaire de l'alimentation en eau de sa capitale ; il avait sous la main un homme de valeur et il a laissé faire Belgrand. On a commencé par écarter la compagnie concessionnaire, pour soustraire à l'esprit de lucre d'un exploitant privé l'importante question de la qualité des eaux. Après avoir hésité quelque temps entre divers systèmes, Belgrand a fini par admettre le principe de ne prendre que des eaux de source, « naturellement pures », et ce principe a été appliqué avec une logique inflexible et à grands coups de millions. Or, il est démontré à présent que ces sources du terrain calcaire sont, pour la plupart, des résurgences, c'est-à-dire des réapparitions à ciel ouvert de cours d'eau superficiels dans leur cours d'amont, engouffrés dans des aiguigeois ou bétoires, ayant circulé dans de larges crevasses et insuffisamment purifiés, ouverts à de multiples causes de contamination, de la nature la plus grave. A tour de rôle, la Vanne, la Dhuys, l'Avre donnent la fièvre typhoïde et tous les moyens mis en œuvre jusqu'ici ne peuvent que pallier le mal. Ce qui rend l'expérience plus démonstrative, c'est que sur les deux principaux aqueducs se trouvent raccordées des villes d'une certaine importance, qui servent pour ainsi dire de localités témoins et dont l'état hygiénique doit être conforme à l'état des quartiers de Paris où se distribuent ces eaux.

Étant donné que les éléments du contage sont des organismes, la première question qui se présente à l'esprit est de déterminer la nature de cet organisme, de fixer approximativement la place qu'il devrait occuper dans la classification. L'organisme est un Microbe. Ce mot a pour le vulgaire un sens encore très vague assurément, mais cependant plus précis que beaucoup d'autres termes scientifiques ; l'idée du vulgaire est quelque chose de fort petit, capable de pulluler avec une rapidité effrayante et qui peut tuer son homme. C'est, en somme, assez exact ; le naturaliste n'aurait pas beaucoup à changer, mais beaucoup à ajouter. Il insisterait sur l'extrême simplicité structurale, la substance protoplasmique et la nucléaire étant confondues ou n'étant pas encore différenciées. Le vulgaire tient surtout à savoir si l'organisme est de nature végétale ou de nature animale, ou, comme il dit dans son langage : sont-ce de petites bêtes ou des plantes microscopiques ? Ici, la réponse du naturaliste manquera de précision ; ces organismes ne sont ni l'un ni l'autre ; ils appartiennent à un groupe intermédiaire du reste fort difficile à délimiter et participant

à la fois aux caractères des deux groupes en lesquels se scindent les êtres vivants.

Le terme microbe est un terme générique s'appliquant à une très grande variété d'organismes. Le Choléra et le Typhus se ressemblent en ce qu'ils sont ciliés, c'est-à-dire munis d'appendices protoplasmiques assez longs, fort déliés, servant à la locomotion ; le choléra a un cil unique, à un des bouts du bâtonnet légèrement recourbé qui constitue le corps ; le Typhosus en a une bonne demi-douzaine, répartis tout autour. Mettre ces cils en évidence est une des opérations les plus délicates de la technique microscopique bactériologique ; la meilleure méthode a été trouvée par Van Ermengem, le professeur de bactériologie de l'Université de Gand ; elle consiste à déposer, par voie chimique, de l'argent sur ces filaments protoplasmiques.

On comprend que la détermination exacte d'un Microbe pathogène dans une eau d'alimentation soit de la plus haute importance pratique. Les efforts des bactériologistes ont été immédiatement orientés dans cette direction. Pour cette détermination, le microscope est d'une utilité fort secondaire ; les Microbes sont trop petits et présentent trop peu de caractères morphologiques pour pouvoir être reconnus avec certitude. On doit plutôt se guider sur l'aspect des cultures dans les divers milieux nutritifs (bouillon, gélatine, agar, pomme de terre, gélatine lactosée, etc), sur certaines réactions chimiques de ces cultures (le Coli, microbe vulgaire de l'intestin, produit des gaz dans la gélatine lactosée, le Typhosus n'en produit pas ; les cultures de vrai Choléra traitées à l'acide fort donnent une coloration rouge), sur des réactions physiologiques (agglutination par les sérums spécifiques), sur l'expérimentation physiologique, par injection dans des animaux vivants. Tout cela ne laisse pas que d'être fort délicat, fort compliqué, et cette complication a été graduelle. Elle résulte du fait que les Microbes pathogènes ont pour ainsi dire des sosies, des Microbes qui leur ressemblent étroitement par la plupart des caractères. Tels, par exemple, le Coli et le Typhosus, qui certainement aux débuts de la bactériologie ont dû souvent être confondus ; on distingue maintenant plus ou moins bien toute une série de coliformes, de pseudo-typhiques, etc. La situation est à peu près la même pour le Choléra (nostras et indien).

Tous les organismes sont toujours adaptés à un milieu plus ou moins spécial dans lequel ils mènent un genre de vie déterminée. On

peut donc se demander quel est le milieu naturel et normal de ces deux Microbes pathogènes et leurs conditions ordinaires d'existence. On est d'accord pour les considérer comme spécialement adaptés au parasitisme chez l'homme. Tous les autres animaux semblent ne pas prendre naturellement ces deux maladies. Les Huîtres, par exemple, peuvent contenir le Microbe typhique, devenir ainsi fort dangereuses pour l'homme, mais elles-mêmes ne s'en portent pas plus mal. Cela n'est pas le cas de tous les Microbes pathogènes, car on admet l'identité de la tuberculose bovine et de la tuberculose humaine, malgré l'affirmation récente de Koch ; le charbon peut atteindre plusieurs espèces fort différentes de Mammifères ; la peste est non moins meurtrière pour les rats que pour les humains.

L'habitat normal du Choléra et du Typhus étant l'intestin de l'homme, il s'en suit que dans l'eau ils doivent être quelque peu dépaysés ; ils n'y rencontrent ni l'égalité de température, ni l'abondance de matières nutritives ; ils y trouvent un milieu plus oxygéné, éclairé, occupé par d'autres microorganismes mieux adaptés. Ces conditions défavorables doivent influer sur leur vitalité et ainsi s'expliquent, par une atténuation graduelle de leur virulence, la gravité moindre des cas à mesure que l'épidémie se développe et se resserre, par leur disparition, la fin de l'épidémie. Il faut bien que pareille action existe, sans quoi l'humanité aurait été balayée depuis longtemps. Des paléontologistes ont émis l'hypothèse que la disparition brusque des espèces animales ou végétales a pu être dans certains cas causée par le développement au maximum d'un parasite pathogène.

On a fait beaucoup d'expériences pour déterminer la longévité ou la durée de survie de ces Microbes pathogènes dans l'eau. Les résultats sont fort discordants et varient de un ou deux jours à plusieurs mois. Il est fort difficile de réaliser expérimentalement les conditions naturelles. Quand on classe ces travaux en deux groupes, ceux qui ont été faits avec de l'eau ordinaire et ceux qui ont été faits avec de l'eau stérilisée au préalable, on constate que d'ordinaire les Microbes pathogènes vivent beaucoup plus longtemps dans l'eau stérilisée, d'où il faut conclure que la concurrence vitale des Microbes aquatiles ordinaires est un facteur important de l'autopurification des eaux. La lumière paraît aussi jouer un grand rôle ; la décantation intervient également pour une bonne part, car les Microbes sont un peu plus lourds que l'eau et on peut même les accumuler au fond d'un tube par

turbinage. Ces deux actions expliquent le bon effet obtenu par les réservoirs, comme le barrage de la Gileppe, par exemple. L'ozone est actuellement utilisé industriellement pour la stérilisation des eaux potables et l'air en contient toujours quelque peu. Les plantes n'agissent pas seulement chimiquement, mais aussi bactériologiquement; Strohmeyer, à Hambourg, prétend que les algues vertes peuvent stériliser en un temps relativement court; peut-être est-ce par l'oxygène qu'elles dégagent à l'état naissant.

Il est inutile de s'appesantir sur les inconvénients d'une épidémie. Comme gardiennes de l'hygiène publique, les autorités constituées ont une tâche ingrate. Les mesures restrictives sont gênantes et coûteuses; le grand industriel que l'on veut empêcher de contaminer un cours d'eau, proteste contre la forte dépense; un peu partout, les petits propriétaires menacent de se venger électoralement des magistrats électifs qui prendraient leur mission trop au sérieux. Dans l'affolement d'une épidémie, les situations sont renversées; le public exige des mesures et les autorités ne peuvent pas se montrer assez sévères. Il y a là un moment psychologique à saisir. Le choléra de 1892 à Hambourg a fait 10,000 victimes, pas plus, en somme, qu'un combat dans les grandes boucheries glorieuses de la guerre, et partout on a pu faire en six semaines plus d'hygiène pratique qu'en six années de temps normal. Le désastre de Maidstone a eu, en Angleterre, les mêmes conséquences; des distributions d'eau où depuis mémoire d'homme on n'avait plus procédé à des analyses, ont été investiguées à nouveau; une foule de petits abus ont été redressés; par exemple, dans bon nombre de localités, la pêche a été interdite dans les réservoirs et les terrains drainés, fermés aux promeneurs.

Quelque paradoxal que cela paraisse, le choléra est moins redoutable que le typhus. Ce dernier est endémique, son microbe est plus robuste et notamment supporte mieux le froid; il semble pouvoir se maintenir longtemps dans le sol, et on a expliqué de cette façon la poussée de typhus qui se manifeste un peu partout quand des pluies abondantes relèvent à l'automne le niveau de la nappe phréatique. Dans le périmètre d'alimentation des sources captées pour Paris, il y a depuis une couple d'années une très sérieuse surveillance médicale et l'on essaye de retracer l'origine de chaque cas. A diverses reprises, on a invoqué l'existence possible de germes dormants des épidémies de plusieurs années auparavant. A Anvers, dans un des bassins où le

choléra avait sévi sur la population batelière, pendant deux ans, en été, il y a eu des cas sporadiques. C'est également une erreur de croire que le choléra est strictement limité aux périodes de forte chaleur ; par exemple, la première épidémie à Berlin a eu lieu en hiver.

Quand le choléra débute, la mortalité est effroyable, au delà de 90 p. c. des cas. On n'a donc pas à craindre l'encombrement des malades, car le terme fatal arrive vite. Au contraire, pour le typhus, la maladie évolue beaucoup plus lentement, les guérisons sont de 90 p. c. et la convalescence est longue et difficile.

Une question qui se pose pour ces deux maladies, comme pour toutes les autres, est d'expliquer comment elles ne frappent pas plus d'individus. 2 p. c. comme à Zurich, 5 p. c. comme à Maidstone, ce sont encore des proportions relativement minimes. Il est plus que probable que, pour un Microbe aussi répandu que celui de la tuberculose, personne ne peut espérer rester absolument indemne; tous nous l'avons hébergé et pourtant nous ne sommes pas tous devenus tuberculeux. C'est que les Microbes individuels diffèrent par la virulence et que les hommes diffèrent entre eux par leur constitution, par leur disposition de réceptivité, pour laquelle la médecine, à défaut de notion nette, a créé le grand mot de idiosyncrasie. Tout récemment, on a donné une explication pour la fièvre typhoïde : la maladie résulterait le plus souvent de la collaboration du microbe spécifique avec un parasite Nématode, le Trichocéphale, qui se fixe par sa tête longuement effilée dans la muqueuse intestinale; cette ponction ouvrirait la voie au microbe; il faudrait donc la coïncidence d'une double infection, l'une par le microbe, l'autre par le Nématode. L'hypothèse mérite et a besoin d'être vérifiée.

La bactériologie a été créée par Pasteur, un chimiste, et développée par des médecins. Les méthodes d'investigation sont très spéciales, adaptées à la nature très particulière des organismes qu'il s'agit d'étudier. Mais cela ne doit pas faire perdre de vue que le problème est essentiellement biologique, même dans sa partie médicale. Partant de ce point de vue, le côté clinique est fort secondaire. Pour justifier une société purement zoologique, d'aborder occasionnellement la question des Microbes, on peut rappeler que pour les Helminthes, les observations médicales n'ont pas produit grand'chose et que la solution a été le résultat de travaux purement zoologiques,

parmi lesquels il faut citer ceux de notre compatriote P.-J. van Beneden comme les plus marquants. De même le nom de Grassi, le zoologiste italien, est lié à l'explication et à la prophylaxie de la fièvre paludéenne.

Quand l'eau fournie est prise telle quelle à la rivière ou au lac et distribuée sans filtrage, on peut naturellement recueillir au robinet toute une flore et une faune. L'exemple le plus complet qu'on puisse trouver en Europe est la distribution de Hambourg avant 1892. Un cinquième de la ville a été détruit en 1842 par un incendie et les bâtiments des machines de plusieurs distributions d'eau pour des quartiers furent brûlés. La municipalité racheta toutes les concessions particulières pour centraliser le service entre ses propres mains; la principale préoccupation était d'avoir dans toutes les rues des bouches d'incendie. Mais l'auteur du projet, l'ingénieur anglais Lindley (mort il y a quelques années, nonagénaire, et le père de l'ingénieur de Francfort bien connu), avait insisté dès le début pour le filtrage au sable. On avait accepté ses idées, et les travaux devaient commencer en 1857, quand survint une crise financière, et comme toujours, au lieu de rogner sur les dépenses somptuaires, on supprima les crédits pour les travaux d'hygiène. Puis survint la réorganisation de l'administration encore moyenageuse de la ville libre; on encommissionna plusieurs fois l'affaire; ont eu la naïveté d'étudier sérieusement toute une série de projets plus fantastiques les uns que les autres, et quand on était près d'aboutir, il y eut conflit entre les deux corps représentatifs, le Sénat et la « Bürgerschaft », au sujet d'une augmentation du prix de l'eau et du placement de compteurs. En réalité, il y avait opposition systématique et intéressée des fabricants et vendeurs de filtres domestiques, dont naturellement les appareils seraient devenus inutiles par un filtrage central. Toutes ces difficultés accumulées à plaisir avaient enfin été surmontées et on avait commencé la construction des filtres dans l'automne de 1890 pour être terminés en 1894, quand au mois d'août 1892 éclata le choléra.

Ainsi, durant plus de quarante ans, Hambourg a été alimentée en eau de rivière, sans autre traitement qu'une décantation, du reste illusoire, les bassins étant rapidement devenus insuffisants à cause de la grande consommation.

Il a été publié deux travaux sur la faune de cette eau. Le premier est une courte notice de Hartwig Petersen : *Die Bewohner der Hamburger Wasserleitung*, en 1877; le second est une étude plus étendue de Karl Kræpelin : *Die Fauna der Hamburger Wasserleitung*, en 1885, tous deux dans les *Verhandlungen des Vereins für naturwissenschaftliche Unterhaltung zu Hamburg*.

La notice de Petersen, outre une liste bibliographique de quelques publications d'ingénieurs, donne une liste de dix-huit espèces animales, qui sont :

Vertébrés : *Gasterosteus trachurus*, *Anguilla fluviatilis*. — Crustacés : *Asellus aquaticus*. — Vers : *Lumbricus agilis*, *Clepsine complanata*, *Planaria lactea*, *Helluo vulgaris*. — Mollusques : *Paludina fasciata*, *Bithynia tentaculata*, *Limnæa ovata*, *Physa fontinalis*, *Anodonta mutabilis*, *Unio* sp., *Cyclas cornea*, *Tichogonia Chemnitzi*. — Radiaires : *Paludicella diaphana*, *Cordylophora lacustris*. — Protozoaires : *Spongilla fluviatilis*.

Il y a quelques courtes remarques sur les Mollusques. Les espèces présentes sont fort inégales quant au nombre et à la fréquence des individus; l'auteur voit dans ce fait la preuve que le peuplement de la canalisation n'est pas uniquement dû à l'action d'entraînement de l'eau, mais que les espèces les plus fréquentes immigrent de propos délibéré. Il ne dit pas quelles sont ces espèces. Pour le reste, les coquilles ne présentent rien de particulier.

Kræpelin a trouvé cinquante genres différents. Tous les embranchements du règne animal sont représentés, sauf les Échinodermes.

Les Protozoaires comportent les genres suivants : *Vorticella*, *Epistylis*, *Stentor*, *Paramœcium*, *Enchelys*, *Acineta*. Généralement, ils étaient assez rares. Mais l'auteur accuse ici lui-même sa méthode de récolter : faire passer un gros jet d'eau à travers un tamis relativement grossier, puisque les mailles laissaient passer des *Daphnia*. Il est clair que, de cette façon, on ne peut rien retenir. On remarquera que la plupart des genres cités sont des formes fixées, trouvées sur des coquilles ou sur les masses de Bryozoaires. A plusieurs reprises, il a pu examiner de l'eau provenant de ruptures du tuyautage et puisée avec des seaux, et alors il trouve de grandes quantités de *Paramœcium*.

Les Cœlentérés sont représentés par *Cordylophora*, *Spongilla* et *Hydra fusca*. L'Hydre verte manque, conséquence de l'obscurité qui

règne dans le milieu. Les Éponges ne se montrent que mortes, avec gemmules vides. Mais quand on examine directement un tuyau, on voit que l'animal est parfaitement vivant ; il n'abandonne au courant que des parties détériorées.

Les Vers pullulent dans la masse de tubes enchevêtrés des Bryozoaires ; *Nais*, *Chætogaster*, *Limnodrilus ;* d'innombrables *Clepsine marginata*, *Nephelis vulgaris;* au moins trois espèces de Planaires se fixent aux parois du vase dans lequel la boue a été recueillie. Les Crustacés morts ont fourni beaucoup de larves d'*Echinorhynchus angustatus ;* à plusieurs reprises des individus ont été trouvés libres dans la vase, provenant probablement d'anguilles mortes. Il y a aussi beaucoup de Nématodes (Anguillules) et un Némertien d'eau douce, vivipare, *Tetrastemma*.

Les Bryozoaires constituent de loin la grande masse du revêtement des tuyaux : *Fredericella*, *Paludicella*, *Alcyonella*, *Plumatella*. Les exemplaires recueillis par rinçage ne peuvent donner une idée exacte de la faune ; d'après eux, *Fredericella* serait de loin la forme dominante ; les échantillons recueillis au seau et l'examen direct du tuyautage montrent au contraire une beaucoup plus grande variété.

Les Crustacés sont représentés en nombre considérable par *Asellus aquaticus ;* il y en a des centaines ou des milliers dans chaque échantillon ; puis viennent comme fréquence *Gammarus pulex*, des Daphnides, Cyclopides et Cyprides. Quelques exemplaires de *Palæmon squilla* et un de *Mysis chamæleon* sont intéressants comme appartenant à la faune marine ; ces animaux avaient pourtant l'air bien portant et les *Palæmon* étaient dans un des districts éloignés de la canalisation. Comme Arthropodes il y avait encore *Atax* et dans deux cas, quelques larves et chrysalides d'insectes, probablement *Ceratopogon*.

Beaucoup de Mollusques : *Physa fontinalis* et *Ancylus lacustris*, parfaitement vivants, quoique Pulmonés ; tout aussi fréquent, *Bithynia tentaculata ;* fréquemment *Planorbis crista* et *Limnæa ovata*, ainsi que *L. auricularia*. Le bivalve dominant est *Dreissensia polymorpha*, avec des Cycladines. De tous ces Mollusques, il y a beaucoup de coquilles vides ; les individus vivants sont plus rares, à cause de leur byssus qui les attache fortement aux parois du tuyau.

Comme Vertébrés, il y a l'Anguille ordinaire, très fréquente, longue parfois de 30 centimètres ; dans une prise, il y avait deux exemplaires entièrement dépourvus de pigment et transparents. De temps

en temps il y a un *Gasterosteus aculeatus* et une fois une *Lota vulgaris* d'un pied de longueur. Chose curieuse, l'échantillon qui a donné le *Palæmon* renfermait aussi un *Platessa flesus* de quelques centimètres.

Kræpelin fait au sujet de cette faune quelques remarques intéressantes. Le but de son étude était de rechercher les formes aveugles *Niphargus puteanus, Asellus Foreli* qu'on trouve dans les puits obscurs et dans les régions profondes des lacs de la Suisse. Cet espoir n'a pas été réalisé. Il en donne comme raison que la canalisation existe seulement depuis une trentaine d'années, temps manifestement insuffisant « pour qu'un organe aussi important que l'œil ait pu entrer en régression ». Une autre cause est l'apport constant de nouveaux individus de la rivière. L'albinisme des deux Anguilles ne peut pas être attribué au séjour dans les tuyaux ; chaque année, on pêche dans l'Elbe même, quelques individus faiblement pigmentés. (Aujourd'hui que nous connaissons les Leptocéphales comme des formes larvaires d'Anguilles, l'absence de pigmentation et surtout la transparence, peuvent s'interpréter comme le maintien de ces caractères larvaires, un arrêt de développement.) La conclusion qui résulte clairement de ces faits, c'est que la faune de la canalisation dérive directement de l'Elbe. Du reste, Kræpelin fait remarquer avec raison qu'on ne voit pas d'où elle pourrait venir autrement.

Les deux Crustacés : *Palæmon* et *Mysis* et le Poisson : *Platessa* méritent une mention spéciale, comme représentant la faune marine dans une eau douce. Le cours des marées peut amener ces formes assez loin en amont ; s'il s'agit en somme de quelques individus égarés, le fait n'a qu'une importance secondaire ; il en serait autrement si nous assistions à une immigration systématique, à une forme marine envahissant graduellement l'eau douce et tel semble être le cas pour *Mysis*, qui a été trouvé parfois en grande abondance dans des fossés communiquant avec l'Elbe et ne contenant que de l'eau douce.

Les animaux des tuyaux proviennent de l'Elbe ; mais toute la faune de l'Elbe peut-elle se maintenir dans les tuyaux ? Telle est la question que se pose Kræpelin. Les conditions très particulières du milieu rendent une pareille occupation intégrale, non seulement fort peu probable, mais même une impossibilité matérielle. Il est clair que tout d'abord tous les animaux qui, quoique aquatiques, respirent l'air

en nature, doivent être exclus; entraînés dans la canalisation, ils doivent y périr. Aussi ne trouve-t-on aucun des nombreux Insectes aquatiques, qui donnent une si grande variété à la faune de l'Elbe; il y a seulement quelques larves de *Ceratopogon;* et la transformation de ces larves en Diptères ailés est naturellement impossible.

On a vu que parmi les Mollusques pulmonés, plusieurs font exception. Au point de vue de la respiration, l'organisme mollusque semble capable d'adaptations variées. La cavité branchiale normale s'est transformée dans plusieurs groupes en un poumon contenant de l'air; plusieurs de ces Mollusques terrestres sont rentrés dans l'eau, et, dans quelques cas, leur poumon est rempli d'eau. Kræpelin remarque toutefois que les grands Pulmonés, comme *Limnæa stagnalis*, *L. palustris*, les grands *Planorbis*, *Paludina fasciata*, tous fort communs dans l'Elbe, manquent dans les tuyaux.

En principe, rien ne semble s'opposer à l'occupation des tuyaux par les animaux réellement aquatiques, respirant par des branchies; mais il s'en faut de beaucoup que toutes les espèces de l'Elbe soient représentées; on n'a qu'à voir la liste des Poissons. Parmi les causes probablement multiples qui imposent dans ce cas, comme dans d'autres analogues, une limitation, Kræpelin mentionne la nourriture : tous les phytophages sont exclus, les plantes ne pouvant vivre dans l'obscurité complète.

Une autre cause non mentionnée par l'auteur est l'entraînement de toutes les formes libres, en suspension ou en mouvement dans la pleine eau. Le tuyau est traversé par un courant continu, parfois assez rapide, qui doit entraîner tous les organismes de ce genre. De là probablement la rareté relative des Cladocères.

Ceci nous amène à considérer le rapport inverse de la mobilité, la fixation, comme l'élément le plus important pour déterminer la composition faunique; la prépondérance des Bryozoaires démontre le bien-fondé de ce raisonnement. Kræpelin remarque que dans l'Elbe le rôle des Bryozoaires est beaucoup moins important, non pas tant à cause de la limitation de la nourriture que de la réduction relative des endroits propices à la fixation. Le fond vaseux, toujours un peu en mouvement, ne donne pas un point d'appui suffisant; même en supposant par-ci par-là des pierres et du gravier, il ne peut se développer une colonie un peu volumineuse, car alors l'impact de l'eau devient trop grand pour la base ou pour la pierre d'ancrage; et il y a toujours l'inconvénient de l'ensablement. Le tuyau en fer offre partout

pour la fixation des colonies des conditions idéalement favorables. Le support est d'une solidité à toute épreuve ; la surface est considérable par rapport à la masse d'eau ; la décantation dans les bassins d'entrée, quoique fort imparfaite, suffit pour se débarrasser du sable; et ces bassins ont probablement, en outre, l'avantage (non signalé par Kræpelin) de favoriser la multiplication du plankton, c'est-à-dire de la nourriture des formes fixées.

Outre ces conditions directement favorables, il y en a d'indirectes : l'absence de certains ennemis. On a vu que la presque totalité des Insectes est exclue; avec des carnassiers comme il y en a beaucoup parmi les Aquatiques, les *Asellus*, par exemple, seraient bien vite décimés. Kræpelin mentionne que, d'après ses observations, les plus sérieux antagonistes des Bryozoaires sont les larves de *Chironomus*, qui font défaut dans la canalisation.

La luxuriante prolifération des Bryozoaires sert de demeure au reste de la faune libre. Les Crustacés, les Vers, les Hirudinés sont logés dans les mailles des tubes de Polypes et sont ainsi soustraits à l'action d'entraînement.

Le caractère général de l'ensemble de cette faune est la nutrition par captage de détritus flottants; voilà pourquoi les animaux à lophophore sont si extraordinairement développés. Kræpelin se pose la question du sort ultérieur de ces organismes par l'intercalation de filtres à sable. Il prédit une extinction graduelle. Les premiers détruits pourront, pendant quelque temps, alimenter les survivants, mais cette circulation de la matière organique ira constamment en se rétrécissant. Le filtrage coupera absolument les vivres à toute cette faune et l'extinction totale en sera la conséquence certaine.

On aura pu juger par ce compte-rendu quelque peu détaillé, de la valeur du travail de Kræpelin, surtout en le comparant avec la première communication de Petersen. Cette première communication est uniquement une liste d'espèces, considérablement augmentée par Kræpelin. Mais le mérite n'est pas là ; le mérite consiste à avoir considéré ces animaux comme des êtres vivants, obligés de pourvoir à leur nutrition et devant être capables de se plier aux conditions très spéciales d'un milieu artificiel. Dès lors surgissent une foule de questions ; l'auteur se les est posées dans la plupart des cas, les a résolues avec beaucoup de perspicacité et a produit ainsi une œuvre d'un intérêt soutenu. Malheureusement, ce travail n'a pas beaucoup fixé l'attention ; il n'y a ni anatomie ni embryologie, qui préoccupaient un

peu exclusivement les esprits il y a une vingtaine d'années. A cette époque, l'étude des mœurs, spécialement des animaux d'eau douce, était tombée dans un discrédit immérité ; il n'y avait que les lacs de la Suisse qui avaient été convenablement étudiés. La création des stations zoologiques lacustres, qui a commencé avec la station de Plön, organisée par Zacharias, a amené un grand changement. Quant aux ingénieurs hydrauliciens, ils ont ignoré complètement le travail de Kræpelin ; c'était pourtant dans leurs tuyaux que le naturaliste de Hambourg avait trouvé cette faune et ce renseignement aurait pu leur être utile. En outre, le travail a paru dans une publication assez peu répandue. Pour toutes ces raisons, nous nous sommes étendu sur ce travail de Kræpelin.

Il y a eu une étude analogue pour la canalisation de Paris. On a vu plus haut que les nécessités du service et l'augmentation de la consommation ont, pendant des années et jusqu'en 1899, forcé l'administration d'alimenter pendant les périodes de sécheresse à tour de rôle chaque quartier avec les eaux de la Seine ou du canal de l'Ourcq. La faune superficielle a ainsi accès dans les tuyaux et quelques espèces semblent pouvoir s'y maintenir. L'étude dont question est de Arnould Locard, est intitulée *Malacologie des conduites d'eau de la ville de Paris*, et datée de 1893 ; les Mollusques seuls sont pris en considération. Les matériaux avaient été recueillis plusieurs années auparavant par l'ingénieur Belgrand, remis au malacologiste Bourguignat et déposés au Musée de Genève. Nous n'avons donc pas, comme pour Hambourg, une vue d'ensemble de la faune et des observations directes sur les mœurs des animaux, sur les relations des diverses formes entre elles. Ç'aurait été un travail purement et sèchement descriptif, si l'auteur n'avait pas eu son attention tout spécialement attirée sur une intéressante question de morphogénie au sujet de laquelle il avait publié en 1892 un livre : *L'influence des milieux sur le développement des Mollusques*. Logiquement, sa Malacologie des conduites d'eau de Paris est une continuation de son livre antérieur. L'auteur avait traité de l'action de la lumière et « montré que les Mollusques étaient susceptibles de se comporter différemment suivant les genres et suivant les espèces. Si la plupart savent bénéficier de l'action bienfaisante d'une lumière convenablement tamisée, d'autres vivent au contraire dans une obscurité aussi

absolue que possible. Dans ce cas, les uns seront absolument aveugles; d'autres appartiennent à des genres normalement constitués. Plus complexes sont les effets produits par certaines actions mécaniques, comme celles des eaux courantes. Nous avons pu constater, par exemple, que la plupart des Nayades, Margaritanes, Unios, Pseudanodonotes, Anodontes ou Dreissensies avaient une tendance à être plus particulièrement longiformes lorsqu'elles vivaient dans des eaux plus ou moins rapides, par opposition aux espèces bréviformes des eaux calmes et tranquilles. Aujourd'hui, nous allons décrire toute une faunule, aussi riche que variée, vivant dans un milieu complètement obscur et dans des conditions mécaniques toutes particulières. Cette faunule, nous en connaissons l'origine. Dès lors, en la comparant avec la faune normale, nous aurons l'occasion de constater les modifications qu'elle a pu subir en changeant ainsi de milieu. Et comme nos observations portent sur un nombre déjà fort respectable de générations successives et non interrompues, nous serons aussi en droit de conclure à l'action que la lumière et le changement d'allure mécanique des milieux peuvent exercer sur les Mollusques. »

Locard décrit un total de quarante-quatre espèces, réparties dans treize genres, dont dix de Gastéropodes (*Limnœa*, *Physa*, *Planorbis*, *Segmentina*, *Ancylus*, *Vivipara*, *Bithynia*, *Amnicola*, *Valvata*, *Theodoxia*) et trois de Lamellibranches (*Sphærium*, *Pisidium*, *Dreissensia*). Tous ces genres appartiennent au bassin hydrographique de Paris, mais beaucoup de genres de ce bassin manquent dans les tuyaux; c'est une constatation analogue à celle de Kræpelin pour la canalisation de Hambourg. Parmi les genres faisant défaut, Locard cite pour les Lamellibranches, les Unios, Anodontes et Pseudanodontes si abondants à l'air libre. Pour les espèces, un seul Gastéropode, *Amnicola Lutetiana* n'est pas connu dans le bassin hydrographique, « et rien ne nous dit que sa petite taille ne soit la seule cause pour laquelle elle n'a pas encore été signalée; nous ne sommes donc pas en droit d'affirmer que c'est une espèce spéciale aux conduites d'eau de Paris ». — « Mais il n'en est pas de même des Lamellibranches, le genre *Dreissensia* nous a présenté plusieurs formes nouvelles, bien définies, qui semblent exclusives à ce milieu nouveau. »

L'absence des Unionides ne peut s'expliquer par leur grande taille; il y a quantité d'espèces dans la Seine et ses affluents pas

plus grandes que les *Dreissensia* et tout aussi robustes. L'absence de dépôts vaseux dans lesquels ces coquilles peuvent s'enterrer est une explication plus plausible ; mais la cause principale est probablement l'absence de Poissons. Les Anodontes devant traverser le stade larvaire « Glochidium » comme parasite sur les branchies des Poissons, ne peuvent se développer dans les conduites où manquent les Poissons.

Les *Dreissensia* sont remarquables par le grand nombre de leurs individus; ils sont beaucoup plus nombreux dans les tuyaux que dans la rivière. L'auteur invoque les facilités de fixation offertes par la paroi solide du tuyau, et le fait que tout le jeune naissain, entraîné par le courant, trouve toujours l'occasion d'arriver au contact de la paroi du tuyau.

Les modifications que le milieu produit chez l'organisme sont : 1° diminution de taille, attribuée à l'absence de lumière, à l'obscurité constante amenant « une sorte de rachitisme qui ne tarde pas à devenir héréditaire »; — 2° atténuation de la coloration, « encore une conséquence de la privation de lumière »; — 3° une modification dans le galbe, par tendance à l'allongement, résultat de l'action mécanique du courant; — 4° régularité et propreté du test à cause de l'absence d'Algues encroûtantes (par manque de lumière) et de l'égalité de température qui permet une croissance uniforme et continue; — 5° colonies populeuses, aussi à cause de la régularité des conditions et de l'absence de carnassiers qui détruisent surtout le naissain; — 6° modifications anatomiques pas spécialement étudiées ; « toutefois, il serait fort intéressant de voir si dans ces nouvelles conditions et à la suite d'une hérédité suffisamment acquise, leur système oculaire n'a pas subi d'importantes modifications; n'ayant pas à en faire usage, il est fort probable qu'à la longue cet organe a dû s'atrophier, sinon totalement, du moins en partie ». Toutes les *Dreissensia* avaient le byssus particulièrement court, adaptation directe pour résister au courant.

Ce dernier fait, joint à celui du grand nombre des individus de ce genre, tend à faire considérer le genre *Dreissensia* comme ayant eu la capacité de tout spécialement s'adapter à ce nouveau milieu. Les deux premières modifications dans l'énumération qui précède ne leur sont pas applicables; ces organismes n'ont subi aucune diminution de taille, aucune atténuation dans leur coloration.

Mais le fait de loin le plus intéressant et qui aurait une portée

philosophique considérable serait l'existence de plusieurs espèces nouvelles, qui auraient « pris naissance dans les conduites de la ville de Paris ». Seulement, toutes les formes décrites méritent-elles d'être considérées comme espèces distinctes? Il y a des différences parfois fort minimes, et Bourguignat, dont les déterminations ont été suivies, semble être quelque peu partisan de cette tendance à multiplier les coupes spécifiques. Les citations textuelles montrent que Locard considère ces modifications comme fixées par une hérédité suffisamment longue pendant une série de générations; mais il s'agirait de voir ce qu'il adviendrait de ces modifications si on remettait les individus dans des conditions normales et si, dès la première génération, il n'y aurait pas retour aussi à la forme normale. L'opinion de Kræpelin, que le temps de trente ans est loin d'être suffisant pour solidement transformer l'organisme, semble de loin la plus raisonnable. Il n'en reste pas moins, des observations minutieuses de Locard, un nouvel exemple de la plasticité de *Dreissensia*, qui mérite si bien l'épithète de « polymorphus », que lui a donnée Pallas en 1771.

L'auteur examine aussi les conséquences pratiques de l'envahissement des conduites par les Mollusques : engorgement des tuyaux et altération de l'eau. Comme les Gastéropodes présents sont tous de petite taille, leur action est peu sensible; mais les *Dreissensia*, par leurs dimensions plus considérables, leur accumulation en colonies, la solidité de leur ancrage, peuvent finir par causer une obstruction complète. Il cite Londres, Copenhague et Arles comme ayant eu des difficultés. Les colonies se forment principalement au joint, dans le creux annulaire de l'emboîtement.

Les Mollusques sont en réalité des préposés au service de la propreté des eaux. Il suffit de quelques Limnées dans un aquarium pour empêcher les algues de s'accumuler sur les parois; les animaux sont constamment occupés à râcler avec leur râpe linguale toutes les taches verdâtres. Les Lamellibranches travaillent autrement; ils filtrent l'eau et en extraient toutes les particules organiques en suspension. Ce serait parfait, comme le remarque Locard, à condition pour ces animaux de se toujours bien porter. « Or, dans les conduites, puisque quantité de Mollusques y vivent, il en est aussi forcément un grand nombre qui y meurent; de la décomposition rapide de leurs corps résulte une cause certaine de l'altération du milieu ambiant. Il se produit dans ces conditions des ptomaïnes, dont l'action nocive est à prendre en très sérieuse considération. » Mais si

le volume d'eau est considérable, la dilution pallie l'inconvénient.

Engagé dans la voie de l'hygiène pratique, l'auteur se risque sur le terrain de la bactériologie. Il cite des chiffres de Miquel au sujet de la Seine à divers points, pour démontrer que l'eau ne détruit pas les Microbes qui s'y forment. Par leur respiration, les Mollusques appauvrissent l'eau en oxygène et le liquide « perd donc par ce fait un des aliments (probablement éléments?) précieux de sa qualité ».

Il y a aussi des recommandations pour l'ingénieur ; le chapitre final traite des remèdes à apporter contre l'envahissement des conduites par les Mollusques. « Un premier procédé tout indiqué consiste dans la filtration naturelle ou artificielle des eaux ; les spermatozoaires, les ovules ou les œufs des Mollusques sont relativement assez gros et auront de la peine à franchir les canaux capillaires qui constituent la masse du filtre. » La décantation peut avoir son utilité, car tous les animaux, quelque jeunes qu'ils soient, ne tardent pas à gagner le fond, ou tout au moins les parois ; mais les Limnées se plaisent souvent à flotter, renversées sur elles-mêmes, à la surface de l'eau ; la décantation serait sans effet utile sur ce genre de Mollusque en particulier.

« Étant donné le *modus vivendi* de la plupart de nos Mollusques, il nous semble que l'on peut trouver un remède assez efficace à leur invasion dans les conduites. Puisque tous ces êtres, au sein même de la nature, vivent presque toujours fixés sur des corps solides, plantes, pierres, débris de toute sorte, pourquoi ne pas leur offrir au milieu des bassins ce point d'appui qu'ils recherchent? Des fascines métalliques, par exemple, suspendues au sein de la masse aquatique, des pierres mobiles déposées au fond des bassins, débarrasseront certainement les réservoirs d'une grande partie de ces hôtes envahissants. Ainsi fixés, il devient possible de procéder, aussi souvent que cela sera nécessaire, au curage de ces sortes de réceptacles coquilliers. Si, d'autre part, on a soin de faire arriver l'eau au voisinage de ces grilles d'un nouveau genre, elles recueilleront et retiendront au passage le plus grand nombre des animaux migrateurs. »

Pour les organismes déjà fixés dans les tuyaux, le moyen mécanique des chasses serait insuffisant. L'auteur emprunte au livre classique de Bechmann quelques renseignements sur le fonctionnement des grattoirs. Mais le remède lui paraît consister en une application d'eau acidulée, suivie d'une mise à sec des tuyaux et puis un rinçage énergique. Comme moyen préventif, il recommande « l'établissement de petites caisses ou réservoirs accessibles placés, de distance en

distance, dans le bas de la conduite générale, et faits, de préférence, en maçonnerie. C'est dans ces réceptacles que les Mollusques iront de préférence se loger. Un curage annuel suffira pour purger le réseau d'une grande partie des coquilles qui auraient pu y être entraînées. »

Il y a un moyen plus radical encore : c'est de ne jamais employer des eaux de rivière et de ne prendre que des eaux de source.

En général, les biologistes ne s'occupent guère de la technique des distributions d'eau ; il est rare du reste qu'on les consulte, plus rare encore que leurs conseils soient suivis. Un travail soigné comme celui de Locard serait donc une bonne aubaine pour un ingénieur qui ne se croirait pas omniscient, à condition que les suggestions soient réellement pratiques ; or, on peut concevoir quelque doute sur l'applicabilité et l'efficacité des mesures préconisées.

Les fascines métalliques, les blocs de pierre parsemant le fond des réservoirs, ne seront pas sans coûter quelque argent ; comme métal, le fer seul peut entrer en ligne de compte et il y aura lieu à renouvellement fréquent des barres et tiges rongées par la rouille. La manœuvre pour le nettoyage, le relèvement de ces blocs de pierre, tout cela nécessitera de la main-d'œuvre et même des installations spéciales.

Il est plus que probable que ces objets se recouvriront, dès la première saison, d'une faune abondante et que sous ce rapport les prévisions de l'auteur se réaliseront. Mais qu'aura-t-il fait, si ce n'est augmenter la somme de vie dans l'eau, par l'augmentation de la surface de fixation ; et il est à craindre qu'entre deux nettoyages, ces organismes n'essaiment et ainsi ne rendent la situation pire qu'auparavant. Un moyen beaucoup plus simple et plus efficace serait un tamisage de l'eau à travers des écrans en toile métallique, à l'entrée du tuyautage. L'installation la plus complète sous ce rapport est probablement celle du lac de Vyrnwy (prononcez Vinri) le réservoir par barrage alimentant Liverpool.

Traiter par une eau acidulée une canalisation de quelque étendue est plus vite dit que fait. On a désinfecté au chlorure de chaux toute la canalisation de Maidstone après l'épidémie de 1898, mais cela a coûté fort cher. Il faut d'abord perdre toute l'eau du réseau, puis remplir avec le réactif, puis vider et puis rincer à plusieurs reprises. Il est probable qu'avec les Bryozoaires, le moyen chimique serait inefficace, leurs tubes cornés ne seront pas attaqués. L'asséchement

paraît beaucoup plus pratique; mais Locard demande une quinzaine de jours, car les Vivipares, les Bythinies, les Valvées peuvent se clore hermétiquement à l'aide de leur opercule, etc. Que feront pendant ce temps les abonnés alimentés par ce tuyau?

Les petites caisses ou réservoirs en maçonnerie intercalés dans le réseau auront sans doute leurs Mollusques, mais on ne voit pas comment cela empêchera les tuyaux d'avoir également les leurs. Plusieurs organismes, notamment les Bryozoaires et les *Dreissensia*, semblent préférer le fer à la pierre ou au ciment. Et puis, l'auteur n'a-t-il pas oublié que le tuyautage est sous pression? Avec quelques atmosphères, les réservoirs maçonnés ne tiendraient pas cinq minutes.

En somme, dans ses fonctions assumées d'ingénieur pratique, Locard n'a pas la main heureuse. Les professionnels profitent parfois de cas analogues pour démontrer l'inutilité d'un recours aux savants spécialistes et faire à leur guise. En réalité, ils ont tort. Il y a toujours quelque renseignement utile à recueillir et la conclusion générale de Locard mérite certainement d'être retenue : avec des eaux superficielles brutes, l'envahissement du tuyautage par les organismes est pratiquement inévitable; or, ce fait essentiel est parfois perdu de vue encore maintenant dans les travaux.

L'étude la plus intéressante sur une faune de distribution d'eau a été faite pour la ville de Rotterdam. L'installation date de 1874. L'eau prise à la Meuse passait par une conduite voûtée dans des bassins de décantation ouverts; de là, elle était menée aux pompes, élevée dans un réservoir à trois compartiments et envoyée sur les filtres; toutes ces conduites étaient également voûtées. Il y a probablement eu des raisons spéciales pour voûter tous ces canaux et justifier le surcroît considérable de frais; le voûtement a par exemple l'avantage d'empêcher la congélation de l'eau. Mais on a réalisé ainsi une canalisation à l'abri de la lumière, remplie d'eau de la rivière telle quelle, sans aucune purification préalable.

Il y avait primitivement huit filtres à sable, d'une surface totale de 8,000 mètres carrés et devant fournir 5,000 mètres cubes d'eau par jour. Mais l'alimentation a été faite à robinet libre, sans compteur et la municipalité n'a pris aucune mesure contre le gaspillage. L'idée dominante était que la forte consommation favorisait l'hygiène, ne fût-ce que pour le rinçage des égouts. Les abonnés sont immédia-

tement entrés dans ces vues et l'administration a été servie à souhait. La consommation a augmenté dans des proportions considérables et atteignait en 1889 près de 50,000 mètres cubes par jour. On ne peut exiger la précision mathématique pour les prévisions des ingénieurs, mais ici, avec le maximum prévu décuplé en quinze ans, l'écart est un peu fort.

La première conséquence d'une pareille consommation a été de bouleverser le travail. Exactement comme à Hambourg, les bassins de décantation, absolument insuffisants, ne faisaient plus que laisser passer l'eau. A partir de 1880, il devint impossible de les mettre successivement hors de service et on se dispensa du curage périodique. Il en fut de même pour tous les canaux voûtés, dont le nettoyage est plus difficile que dans des canaux ouverts. Quant au filtrage, il va de soi que la vitesse a dû être augmentée à proportion de la consommation. Naturellement aussi, il fallut procéder à des extensions considérables des installations; en 1886, on construisit treize nouveaux filtres d'une surface de 16,000 mètres carrés, de nouveaux réservoirs d'eau filtrée, des machines, etc.

Il y a aussi à attirer l'attention sur deux questions de construction. Les divers canaux, les filtres, les conduites d'eau pure, rien n'est étanche, tout est fissuré. La nature du sol en Hollande rend ce genre de construction plus difficile que partout ailleurs; sans aucun esprit de critique ou de blâme, il faut bien constater le fait que, à Rotterdam, ces difficultés n'ont pas été convenablement surmontées.

Le deuxième point a trait à la construction des filtres. D'ordinaire, on établit sur le plancher des canivaux dans du gravier. A Rotterdam, à 70 centimètres au-dessus du fond, on a établi un gîtage de poutrelles en bois, reposant sur des murs et supportant des tuiles, c'est-à-dire un véritable toit, sur lequel on a versé le gravier. Dans tous les canaux voûtés, il y a aussi des poutres transversales pour maintenir les murs en place. Il y a donc une grande quantité de bois, matière organique, en contact avec l'eau filtrée.

Un an après l'extension des installations, au printemps de 1887, la mauvaise qualité de l'eau donna lieu à des plaintes si vives, que la municipalité décida de nommer une commission d'enquête. Le célèbre professeur de botanique de l'Université d'Amsterdam, Hugo de Vries, a publié la partie biologique du rapport de cette Commission. Le résultat principal est le recouvrement de toute la surface mouillée par l'eau de rivière, par une faune identique à celle de Hambourg.

L'auteur cite un autre cas semblable : le réservoir de Fairmont, de la distribution de Philadelphie, aux États-Unis.

Dans les divers endroits de cette canalisation à Rotterdam, il y a une certaine répartition des espèces Le canal de prise d'eau vers les bassins de décantation montre la faune fixée ordinaire, mais avec *Dreissensia* dominant et *Cordylophora*, l'Hydroide d'eau douce, absent. Dans les bassins de décantation ouverts, se trouve naturellement une faune résidente beaucoup plus développée, mais c'est une plante bien connue, *Elodea canadensis*, qui est ici dominante. *Dreissensia* n'est pas dominant et *Cordylophora* est largement représenté. Dans le canal des bassins de décantation aux pompes, il y a la faune fixée ordinaire, très luxuriante dans les premières parties, se réduisant un peu avec la distance, sauf *Cordylophora* qui a plutôt une tendance à augmenter. Le réservoir après les pompes donne des résultats singuliers. Dans le premier compartiment, où déchargent les pompes, il n'y a rien, les parois sont à nu ; le deuxième compartiment est de nouveau entièrement recouvert ; le troisième, d'où partent les tuyaux vers le canal alimentant les filtres ne renferme que quelques rares animaux, mais beaucoup de coquilles vides entraînées. Dans le canal vers les filtres, la faune reprend avec une nouvelle vigueur, les Éponges dominant avec *Cordylophora*, par-ci par-là, quelques *Plumatella*.

Les singularités de cette répartition sont attribuées par de Vries, d'abord à la vitesse du courant, à l'agitation de l'eau. Ainsi s'expliquent la stérilité des compartiments 1 et 3 du réservoir et l'abondance de la faune du compartiment 2, où il n'y a pas l'agitation d'entrée causée par les pompes, ni de la sortie, mais où le courant est plus régulier. De même dans le canal de prise d'eau, la prédominance de *Dreissensia* fortement ancrée indiquerait une certaine vitesse du courant.

Il y a également une influence de la distance, comme le prouve *Cordylophora*, mais sans qu'on puisse dire exactement en quoi elle consiste. Enfin, le recouvrement du canal vers les filtres montre la rapidité de développement de cette faune fixée, ce canal, en 1887, ne fonctionnant que depuis un an.

Dans tout ce qui précède, il est question de l'eau avant son arrivée sur le sable. Il est clair que, après filtrage, toute cette faune doit

avoir disparu. Mais un des résultats les plus curieux de l'enquête à Rotterdam est la découverte d'une quantité fort considérable de Crustacés dans l'eau filtrée, *Gammarus pulex* et *Asellus aquaticus*. Leur abondance est telle qu'ils obstruent les toiles métalliques à travers lesquelles on tamisait l'eau, pour retenir d'autres impuretés.

Comment ces animaux peuvent-ils arriver en cette place? Les deux pieds d'épaisseur de sable des filtres leur est une barrière infranchissable et on ne voit pas davantage comment leurs œufs pourraient pénétrer. Cette première question d'accès éclaircie, il resterait à expliquer comment ces organismes ont réussi à pulluler et de quoi ils peuvent vivre ; car leur nourriture doit avoir été abondante en proportion de leur nombre. Ces deux questions sont résolues par les détails spéciaux de la construction.

On a vu que filtres et canaux sont fissurés. L'imparfaite étanchéité met pratiquement toutes les eaux en communication directe les unes avec les autres et avec l'eau du sous-sol. L'eau brute au-dessus du sable d'un filtre plein, en marche, s'introduit sous le sable d'un filtre voisin mis à sec pour nettoyage. Le fait a été constaté par l'observation directe; on n'a pas vu, il est vrai, entrer ainsi des Crustacés, mais des Algues vertes dans cette eau d'infiltration montraient que la communication se faisait par des chenaux assez larges du sous-sol, sans aucune action de rétention. Il n'y a aucun doute pour de Vries que ce ne soit le chemin suivi par les Crustacés.

La question de leur nourriture est résolue d'une façon bien simple : il suffit d'examiner le contenu du tube digestif. *Gammarus* a l'intestin rempli par les gaines de l'Algue ferrugineuse *Crenothrix*, et *Asellus* de fibres ligneuses avec des fragments de mycelium et des spores d'un Champignon. Or, c'est la pullulation de *Crenothrix* dans tout le réseau de la canalisation d'eau filtrée qui a causé les difficultés de 1887. Cet organisme était présent partout, comme un recouvrement monotone de toutes les parois et des autres organismes fixés. Quant aux fibres ligneuses, l'abondance de bois pour les poutres de soutien des parois et surtout la singulière idée d'avoir construit une toiture sous le sable, fournissaient amplement aux besoins des *Asellus*. L'identification microscopique des fibres par les ponctuations n'a pas laissé le moindre doute; le Champignon trouvé dans le contenu intestinal se retrouvait sur le gîtage, et le bois avait été rongé jusqu'à perdre 5 millimètres, la partie dure des couches annuelles faisant une saillie marquée, les animaux préférant le bois tendre à la couche

plus compacte. On peut se faire une idée du nombre de ces Crustacés par une constatation faite aux anciens filtres. Le sable, le gravier, les tuiles et le gîtage ayant été enlevés sur une certaine surface, le fond a été trouvé recouvert d'une épaisseur de un doigt de déjections d'*Asellus* et de Vries parle de « Krebsenguano ! »

Les villes alimentées en eau de rivière brute sont peu nombreuses en Europe; en fait, il n'y en a plus une seule de quelque importance. Les grandes agglomérations qui, par leur situation géographique, ne peuvent pas utiliser des sources ou la nappe phréatique, ont des filtres à sable. Un système qui tend à se répandre est l'alimentation par des lacs artificiels, créés par barrage. Dans ces derniers temps, on en a construit plusieurs dans le district de la Ruhr, en Allemagne, sous la direction du professeur Intze, d'Aix-la-Chapelle, qui vient de mourir il y a quelques mois. Dans notre propre pays, nous avons le barrage de la Gileppe, remarquable par l'épaisseur donnée au mur.

Au point de vue hygiénique, il y a à soulever contre ce système une objection de principe : c'est une eau superficielle, toujours contaminable, si pas toujours contaminée. C'est un lac artificiel, dont les dimensions parfois considérables, restent pourtant minimes par rapport aux lacs naturels comme ceux de Genève, de Zurich, comme le lac Michigan. Or, l'état sanitaire, spécialement au point de vue de la fièvre typhoïde, des villes de Genève, de Zurich, de Chicago, est loin d'être satisfaisant et démontre par conséquent le danger des lacs naturels. Il y a quelques années, en 1898, la ville industrielle de Verviers, alimentée par le barrage de la Gileppe, a eu une très sérieuse épidémie de fièvre typhoïde, qui a été fort mal étudiée ou plutôt qui n'a pas été étudiée du tout, l'administration communale et les médecins ayant choisi ce moment pour se quereller, et les médecins refusant de signaler les cas. De même la ville de Remscheid a eu, à deux reprises, de la fièvre typhoïde. Les lacs artificiels présentent donc aussi des dangers.

Quand on examine les faits de plus près, on constate une différence entre les lacs naturels et les artificiels. Les premiers sont plus ou moins dans la plaine, et leurs bords sont généralement habités, avec une population parfois assez dense. De là des causes constantes de pollution. A Chicago, par exemple, la prise dans le lac Michigan était dans la zone d'influence du débouché d'un égout collecteur; le

déplacement plus avant dans le lac a amené un abaissement marqué de la contagion, mais seulement temporairement. Les barrages, au contraire, ne sont pratiquement possibles que dans la partie montagneuse et très accidentée, où la population est rare et clairsemée, et il entre dans les possibilités pratiques de rendre le district drainé tout à fait désert, par expropriation ; c'est à quoi l'on vise un peu partout actuellement. Aussi, comme il a été signalé au début de ce travail, l'alimentation par barrage donne des résultats fort satisfaisants au point de vue de l'hygiène. Les quelques accidents survenus doivent donc être attribués, non au système en lui-même, mais à des défauts dans l'application.

Au barrage de la Gileppe, on a capté un cours d'eau, la Borchène, qui vient du côté de Spa; ce ruisseau a été capté directement et ne passe pas dans le réservoir; c'est ce ruisseau qui a été contaminé par le village de Jalhay et a, à son tour, contaminé la ville de Verviers.

Le réservoir de Remscheid présente quelques particularités dans sa construction. La prise d'eau pour le départ vers la ville est, non à la surface, mais assez bas, dans la profondeur du lac; en outre, l'eau de plusieurs ruisseaux d'amont a été amenée directement vers cette prise, par des tuyaux spéciaux placés au fond du réservoir. Les raisons qui ont guidé Intze sont probablement des considérations purement organoleptiques de fraîcheur et d'égalité de température. Mais il est clair que si on met la prise d'eau dans la profondeur, on perd en partie le bénéfice de la décantation, et pour les eaux amenées directement à l'exutoire, il n'y a pas de décantation du tout. Intze n'admettait pas une relation de cause à effet entre sa distribution d'eau et la fièvre typhoïde, mais cette négation ne peut pas être sérieusement discutée; il se basait sur le fait que les recherches bactériologiques n'avaient pas réussi à mettre en évidence le Microbe spécifique. Mais tel est ordinairement le cas de ces enquêtes; à cause de la durée d'incubation de la maladie, le bactériologiste vient toujours trop tard, quand le Microbe a eu tout le temps de disparaître. Ce qu'il aurait fallu faire, c'est une enquête médicale dans le district des ruisseaux amenés directement par les tuyaux spéciaux. Du reste, Intze a déclaré en 1902, au congrès des ingénieurs de gaz et d'eau à Düsseldorf, que ce procédé était abandonné; au lieu de conduire directement certaines eaux, ses projets récents comportaient au contraire, en cas de pollution évidente, une épuration préalable à l'emmagasinement par irrigation de prairies et drainage.

Presque toujours, avec des réservoirs un peu étendus, on court le risque de voir l'eau se gâter pendant les fortes chaleurs, prendre un goût vaseux ou marécageux, une odeur de poisson. Le public l'attribue à des matières en putréfaction et les ingénieurs ont incriminé les Éponges d'eau douce *Spongilla* qui, dans certains de ces cas, tapissaient les parois des réservoirs.

Les recherches sur la faune et la flore de ces eaux, non seulement au point de vue biologique, mais aussi en tenant constamment en vue le côté pratique, nous viennent de l'autre côté de l'Atlantique. Les ingénieurs des États-Unis sont, en général, beaucoup plus éclectiques dans leurs connaissances que ceux de la vieille Europe ; loin de considérer le naturaliste comme un être encombrant dans leurs installations ou pour le moins inutile, ils ont compris que le seul moyen de remédier aux difficultés d'ordre biologique est avant tout de faire constater les faits par les spécialistes compétents ; ils ont donc poussé à ces recherches.

Le premier résultat obtenu est de mettre hors de cause tous les organismes fixés. Les surfaces de fixation sont trop petites, proportionnellement à la masse de l'eau, pour avoir un effet appréciable. Mais il n'en est plus de même des organismes flottants qui peuvent envahir toute la masse du liquide et pulluler rapidement en nombre très considérable. Or, le protoplasme étant plus lourd que l'eau, la flottaison passive ne peut être assurée que par l'addition à la matière vivante de certaines substances plus légères, et en quantité suffisante pour diminuer le poids spécifique de tout l'organisme. Chez les Algues bleues ou Cyanophycées, quelques Flagellés coloniaires, ces substances ajoutées sont des huiles essentielles sécrétées et qui farcissent le protoplasme. Ces organismes ont donc par eux-mêmes une odeur ; celle-ci est intensifiée quand ils meurent et que les huiles essentielles sont libérées ; l'eau peut être ainsi affectée, sans qu'il y ait en réalité de décomposition ou de putréfaction.

Un bon exemple est l'eau du « Croton aqueduct » qui alimente New York. Déjà en 1870, le rapport annuel sur les analyses chimiques avait comme complément un rapport microscopique se bornant, il est vrai, à une simple énumération des espèces. La seule observation d'une portée pratique consiste à signaler l'absence ordinaire de débris microscopique provenant de l'homme ou de l'industrie, sauf à la suite de crues de l'un ou de l'autre des cours d'eau. Dans ce cas, l'eau du réservoir se colore en brun, renferme en abondance des

débris végétaux et aussi des fibres teintes de laine et de coton et des cellules épithéliales; leur présence est expliquée par le lavage des terres fumées, par l'ondée.

A Brooklyn, pendant l'été de 1896, les eaux étaient très mauvaises et les réclamations devinrent si pressantes, que l'autorité finit par s'émouvoir et par déclarer qu'il y avait lieu d'aviser. En conséquence, on nomma une commission d'enquête. Deux ans auparavant, l'Association des ingénieurs d'eau avait également nommé une commission sous la présidence du professeur A.-R. Leeds, du « Stevens Institute of Technology », à Hoboken; à plusieurs reprises, dans les années antérieures, consulté pour des cas analogues, Leeds, quoique chimiste, avait déclaré le problème justiciable plutôt de la biologie. La commission de Brooklyn eut la bonne idée de s'adresser à Leeds. En même temps, le bureau d'hygiène organisait un laboratoire à Mount Prospect et en confiait la direction à G.-C. Whipple, biologiste. Celui-ci, en collaboration avec son chimiste D. D. Jackson, a fait un travail sur une Diatomée : *Asterionella*.

Le frustule avec sa boîte ou carapace siliceuse est fort allongé, linéaire, légèrement renflé aux deux bouts. Plusieurs frustules se réunissent autour d'un point commun, comme les rayons d'un astre, d'où le nom générique. Cet arrangement typique démontre déjà que nous avons affaire à une forme flottante.

On a d'abord commencé par dénombrer la quantité d'*Asterionella* présentes dans l'eau. Les chiffres sont à peine croyables : 1,000 individus par centimètre cube est très normal; parfois, on en trouve jusque 50,000. Seulement, comme chaque individu ne pèse que $^1/_3$ de millionième de milligramme, le poids total des 50,000 *Asterionella* ne revient qu'à $0^{mgr}018$.

Une fois en possession de ces données analytiques, on a essayé de les mettre en rapport avec l'intensité de l'odeur. On a également procédé par expérimentation directe en diluant, avec de l'eau distillée inodore, une eau fortement chargée (46,000 par centimètre cube). On a trouvé ainsi que :

De	0 à 1,000	l'odeur	est	nulle.
—	500 à 3,000	—	—	très faible.
—	1,000 à 5,000	—	—	faible.
—	3,000 à 15,000	—	—	distincte.
—	10,000 à 15,000	—	—	« decided ».

Une idée assez singulière et qui, à première vue, ne semble pas pouvoir donner de résultat pratique est de faire une analyse chimique complète d'*Asterionella*. Berthelot raconte avec satisfaction comment il a réussi à se procurer un échantillon d'un bronze égyptien unique, que le conservateur du musée se refusait à laisser entamer n'importe comment. Berthelot invita le conservateur à dîner et obtint d'avoir en main pendant quelques minutes le précieux bronze; pendant qu'un assistant entamait une conversation animée avec le conservateur, le maître de la maison frottait l'objet contre une minuscule lime cachée dans sa manche et recueillait quelques parcelles infimes sur une assiette, qu'un domestique enlevait aussitôt. Ce qu'il faut admirer, ce n'est pas la louable mauvaise foi de l'homme de science vis-à-vis d'un archéologue, ce n'est ni la lime dissimulée dans la manche, ni l'assistant retenant son envie de rire, c'est l'habileté du chimiste faisant une analyse quantitative avec presque rien. Mais, avec tout son talent, Berthelot aurait trouvé qu'une *Asterionella*, c'est réellement trop peu, et M. Whipple a été du même avis. On a profité du moment où l'eau d'un des réservoirs était pour ainsi dire une culture pure pour séparer, par filtration à travers de la gaze de soie, les organismes en quantité suffisante. Ils forment une masse gélatineuse brunâtre, passant au vert clair quand on la chauffe [1]; elle répandait une forte odeur, qui se sentait dans tout le local.

Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène ont été dosés par combustion organique; l'azote, par le procédé de Kjeldahl; les autres éléments, par les méthodes ordinaires. Voici les résultats de l'analyse :

Carbone	18.78	
Hydrogène	4.20	
Azote	2.20	
Soufre	0.61	
Oxygène	19.69	
Quantité de matière organique	———	42.48
Anhydride silicique (SiO_2)	49.48	
Oxyde ferrique (Fe_2O_3)	2.32	
A reporter	51.80	42.48

[1] J'ai également remarqué que quand on chauffe des plantes unicellulaires pour faire une préparation microscopique, la couleur de la chlorophylle se conserve et les Diatomées deviennent d'un beau vert, comme si la couleur brune (diatomine) était détruite. Je ne sache pas que ce fait ait déjà été signalé.

Reports. . .	51.80	42.48
Chaux (CaO)	1.45	
Magnésie (MgO).	1.26	
Potasse (K_2O)	1.22	
Oxyde manganique (Mn_2O_3).	0.84	
Phosphate (P_2O_5)	0.67	
Sulfate (SO_3)	0.38	
Quantité de matière inorganique. . .	———	57.52 (1)
		100.00

Nous connaissons maintenant le poids d'une *Asterionella* et sa composition centésimale chimique; nous pouvons donc exprimer en grammes ce qu'il y a de chacun de ces éléments dans 1 litre d'eau contenant par exemple 10,000 individus par centimètre cube. Or, toutes ces substances ont été prises par l'organisme dans les matières dissoutes dans l'eau ; il suffit que l'une d'elles manque dans une eau pour rendre impossible le développement d'*Asterionella*, et, dans chaque cas, ce développement sera limité par l'élément chimique indispensable, présent en plus petite quantité. Partant de ces prémisses, la comparaison des diverses eaux devient intéressante. A Boston, il y a 3 milligrammes de silice au litre; il pourrait donc se former 17,000 *Asterionella* par centimètre cube ; à Brooklyn, il y en a 7 $^1/_2$, ce qui suffirait pour 41,000 Diatomées, chiffre réellement atteint. Pour un autre élément, le manganèse, il a été trouvé dans plusieurs des eaux où l'on a eu des difficultés du même genre.

En réalité, la question est plus compliquée, pour deux raisons. D'abord, le fait qu'un élément chimique se trouve dans un être ne prouve pas nécessairement que cet élément lui est indispensable. Cette question est à résoudre par une série d'expériences avec des liquides de culture de composition variée. En second lieu, la simple constatation d'un élément chimique dans une eau ne signifie pas qu'il puisse être utilisé par la plante ; il faut qu'il soit présent sous forme d'une combinaison assimilable. Sous tous ces rapports, les recherches faites jusqu'ici n'ont été pour ainsi dire que préliminaires et un vaste champ reste ouvert à l'activité scientifique du chimiste biologiste.

Pour revenir au cas spécial de Brooklyn, il y a des faits curieux au sujet de l'époque à laquelle *Asterionella* a commencé à donner des

(1) Le total devrait être 57.62 ; il y a donc quelque part une erreur de chiffre dans la brochure originale.

difficultés sérieuses, ainsi que pour les apparitions saisonnières. La distribution est alimentée par des étangs prenant les eaux superficielles et par des puits, dont quelques-uns vont à 200 pieds ; l'eau est pompée dans des réservoirs de décantation, d'où elle est ensuite distribuée en ville. Appliquez maintenant les principes généraux d'hygiène, vous demanderez qu'on prenne le plus possible des puits et le moins possible des étangs, et qu'on donne une longue décantation. Jusqu'en 1883, on ne prenait que des étangs, puis on a de plus en plus pompé des puits et, quand la proportion d'eau du sous-sol a atteint 40 p. c., *Asterionella* s'est mise à pulluler. D'ordinaire, les eaux du sous-sol contiennent beaucoup plus de silice que les eaux superficielles et sont donc plus favorables au développement.

De même pour la décantation, il a été constaté que l'eau à l'entrée du réservoir était bonne et que l'eau de la sortie était mauvaise, avec beaucoup d'organismes. Une des premières choses que le laboratoire a fait changer, c'est l'arrangement des tuyaux, de façon à permettre de distribuer l'eau foulée directement, sans passer par les réservoirs. Voilà deux exemples typiques où l'hygiène théorique semble en défaut. C'est que, dans les questions pratiques, il y a un grand nombre de facteurs qui déterminent le résultat final, et ces nombreux facteurs varient constamment leur influence proportionnelle, mettant en évidence tantôt l'un, tantôt l'autre. L'application simpliste de règles générales amène infailliblement tôt ou tard des difficultés.

Pour les apparitions saisonnières, il est démontré que les maxima se produisent au printemps et en automne ; mais cette règle n'est pas absolue ; c'est ainsi que, pour l'un des réservoirs de Brooklyn, d'octobre 1897 à mars 1898, *Asterionella* a toujours dépassé 5,000 par centimètre cube et même généralement 15,000.

Les maxima au commencement et à la fin de la bonne saison s'expliquent tout simplement par les mouvements de convection dans les lacs. Pour fixer les idées, le 7 juillet 1898, dans un des réservoirs de Brooklyn, la répartition de la température montre à la surface 24.9° C. et, à 12 pieds (4 mètres), 24° C. ; puis, dans l'espace de 1 pied, soit 30 centimètres, il y a une chute brusque de 3.7° C. et, ensuite, une diminution régulière jusqu'au fond, de 20 pieds. Cela signifie qu'au-dessus de 12 pieds, l'eau est en mouvement par le vent, les variations diurnes de la température, etc. ; mais, en dessous de 12 pieds, l'eau est stagnante et arrangée par ordre de température décroissante, c'est-à-dire par ordre de densité.

L'analyse chimique vient corroborer ces conclusions : les déterminations de l'oxygène dissous, faites de 5 en 5 pieds, montrent, pour la surface et les profondeurs de 5 et 10 pieds, la saturation de l'eau ; à 15 pieds, il n'y a plus que 67 p. c. et, à 19 pieds, seulement 24 p. c. Une grande partie de l'oxygène a été enlevée par la boue du fond, qui renferme 26 p. c. de matières organiques.

Ceci connu, que va-t-il se passer quand la température baisse? Aussitôt que l'eau au-dessus des 12 pieds sera devenue plus froide et plus dense que l'eau au-dessous, il va y avoir un renversement complet ; l'eau du fond viendra à la surface, avec toutes les matières organiques et minérales dont elle s'est chargée pendant les mois qu'elle a pour ainsi dire macéré la boue ; il y a donc brusquement un apport de substances nutritives. Des phénomènes analogues se produisent au printemps, par suite du maximum de densité de l'eau à 4 mètres.

Mais ce ne seraient pas seulement des substances nutritives qui seraient ainsi distribuées dans toute la masse de l'eau par ces courants de convection, ce seraient aussi des spores d'*Asterionella* Et ceci nous amène à parler de la partie botanique du travail :

La question de détermination a une grande importance pratique, car il s'agit en premier lieu de savoir exactement à quoi l'on a affaire; seulement, c'est une question d'étroite spécialité. Les auteurs ont soigneusement comparé des *Asterionella* de toute provenance et concluent que c'est toujours *A. formosa* var. *gracillima*, mais avec une large marge de variabilité.

Quant à la sporulation, ceci est une question des plus controversées. En réponse à des réserves formulées par M. Sedgwick lors de la discussion de leur communication à l'assemblée des ingénieurs hydrologues en Amérique, les auteurs se défendent d'avoir fait cette découverte les premiers et citent plusieurs observations antérieures; ils disent uniquement que des corpuscules considérés comme spores chez certaines Diatomées par plusieurs savants se retrouvent chez *Asterionella*. Dans le dépôt formé par de vieilles cultures, parmi les boîtes vides, on en trouve où il y a huit petits corps mobiles, généralement par paires; d'autres fois, il n'y a que quatre masses plus allongées; on n'a pu voir que des traces vagues de cils moteurs, et le développement de ces spores, qui ont été rencontrées hors des valves, n'a pas pu être suivi.

Ainsi que nous l'avons dit, le laboratoire de Mount Prospect a déjà

fait changer les installations de la distribution d'eau de Brooklyn, de façon à pouvoir éviter la stagnation dans les réservoirs de décantation. Les considérations sur le rôle des courants de convection pour amener des substances nutritives dans les couches supérieures, où, grâce à la lumière, les plantes peuvent en profiter, ces considérations ont démontré l'utilité d'un nettoyage, utilité qui n'était nullement apparente au point de vue ingénieur. Comme à Brooklyn, on a, dans une certaine mesure, le moyen de prendre des eaux de la surface ou du sous-sol et, dès que ces eaux se montrent différentes pour la pullulation des organismes, le biologiste peut intervenir utilement pour régler le pompage proportionnel des diverses installations. C'est lui également qui pourra dire quand il faudra emmagasiner et quand il faudra au contraire alimenter directement. Ce qui revient en somme à lui donner la haute direction du travail. C'est peut-être là un inconvénient, car les ingénieurs, qui ont été, dans le courant du siècle dernier, les vrais maîtres de toutes ces entreprises, ne sont souvent pas très empressés à se dessaisir d'une partie de leur autorité, et des exemples nombreux sont là pour leur montrer que, quand on laisse entrer la science, même par la petite porte, elle ne tarde pas à s'imposer en maître. Mais c'est là l'inéluctable : on ne conçoit pas la science occupant, à titre permanent, une position subalterne.

Un cas analogue à celui de Brooklyn a été signalé en décembre 1904, à la réunion des ingénieurs d'eau d'Angleterre. La ville de Penzance, située à l'extrémité de la pointe de Cornouailles, était alimentée par des eaux superficielles provenant de landes, amenée par un cours d'eau dans deux réservoirs, ou plutôt deux étangs. Comme il y avait insuffisance en été, on a pris un supplément à un puits profond. Ici également, le mélange des deux eaux a donné lieu « à une abondante végétation fort désagréable de longues plantes verdâtres, donnant un mauvais goût à l'eau, se décomposant rapidement et obstruant les filtres ». Il n'y a aucune détermination botanique, aucun renseignement sur la composition chimique des deux eaux.

L'eau superficielle est décrite comme « moorland water », ce qui correspond à ce que nous nommerions en Belgique l'eau des fagnes, brunâtre, avec beaucoup de matières organiques d'origine végétale, de la tourbe, mais pauvrement minéralisée ; l'eau du sous-sol prise dans le puits sera probablement plus minéralisée. La première, l'eau

superficielle, malgré sa forte teneur probable en matières organiques ne donnait pas de végétation à cause de sa faible teneur en sels minéraux ; et la seconde, celle du puits, restait inaltérée par l'absence de matières organiques. En les réunissant, on fournit à chacune d'elles ce qui lui manquait ; elles se complètent l'une l'autre ; grâce à l'apport de sels minéraux, les matières organiques peuvent maintenant être complètement utilisées pour la formation d'une abondante végétation.

Dans un livre publié en 1899, Whipple a consacré un chapitre aux odeurs de l'eau (*The microscopy of drinking-water*). Il distingue comme odeurs : aromatique, herbacée et de poisson. Les Diatomées appartiennent généralement à la première catégorie et *Asterionella* a l'odeur la plus intense ; la pullulation de plusieurs autres espèces a été signalée et mise en rapport avec une altération des caractères organoleptiques de l'eau : à New York en 1881, *Meridion circulare ;* ailleurs *Melosira varians,* forme pourtant non flottante, mais qui croît en longs filaments ; détachés des bords d'un réservoir par un ouragan et entraînés dans le tuyautage, l'eau acquit une odeur vireuse et huileuse.

Les Cyanophycées ou Algues bleues donnent surtout des odeurs comme de l'herbe moisie. Les deux formes les plus répandues sont *Anabœna* et *Aphanizomenon*. La première se présente comme une série de grains, réunis en chapelet, soit en ligne droite, soit contourné en arabesques selon les espèces. *Aphanizomenon* est composé de fines brindilles droites, réunies en faisceau et ressemblant à du foin haché menu.

L'odeur de poisson est le privilège des Flagellés et des Protozoaires. Le Flagellé coloniaire *Uroglena* occupe la première place ; il donne à l'eau un vague relent d'huile de foie de morue. *Synura* a l'odeur de concombre. Tous deux forment, par la réunion d'un certain nombre d'individus, des sphères ciliées flottantes.

D'expérience personnelle, nous connaissons surtout *Anabœna* et *Aphanizomenon*. Quand on voit sur les parois d'un bassin, au niveau où l'eau a atteint, des traînées bleu-verdâtre clair, comme de la peinture à l'huile, on peut affirmer la présence en quantité notable de l'une ou l'autre de ces deux espèces. Il y a une dizaine d'années, *Anabœna* avait envahi les fossés des fortifications d'Anvers au point de rendre pénible l'occupation des logements à proximité, à cause de

l'intensité de l'odeur. Depuis lors, c'est toujours *Aphanizomenon* qui semble dominer ; il est beaucoup moins gênant.

Comme exemple des difficultés que l'on peut rencontrer dans la pratique et de la facilité avec laquelle on peut parfois s'en tirer avec des connaissances biologiques sommaires, nous pouvons citer une manœuvre des filtres à l'usine de Waelhem pour l'alimentation de la ville d'Anvers. Par une chaude journée d'été, plusieurs filtres étaient devenus verts. L'examen microscopique révéla une formidable pullulation d'*Aphanizomenon* ; si c'eut été *Anabœna*, j'aurais fait, malgré la très grande gêne qui pouvait en résulter, mettre les filtres hors d'usage ; avec *Aphanizomenon*, je crus pouvoir risquer de continuer. Les plantes semblaient bien vivantes et, grâce au soleil, on pouvait espérer une grande intensité de leur action purificatrice chimique. Loin d'être fermés, ces filtres furent donc poussés et livrèrent en effet une eau fort convenable; leur effluent était soigneusement examiné trois fois par jour pour le goût et l'odeur et au point de vue chimique, pour la présence d'ammoniaque. Les choses continuèrent ainsi pendant plusieurs jours, quand survint un abaissement assez brusque de température. En peu de temps, l'eau au-dessus du sable devint claire, mais l'effluent ne tarda pas à donner des traces d'ammoniaque et d'odeur; les filtres furent alors seulement mis hors d'usage, après avoir fait du reste leur besogne pendant le temps normal.

Cette expérience confirme que l'odeur ne se manifeste guère, du moins pour cette espèce, tant que la plante est vivante, c'est-à-dire tant qu'elle flotte. Aussi longtemps donc que l'eau au-dessus du sable reste colorée et d'un vilain aspect, on peut être tranquille. Mais aussitôt que cette eau s'éclaircit et devient propre, il faut faire attention ; la clarification ne s'obtient que par le départ des organismes, qui meurent, ne se maintiennent plus en suspension et gagnent le fond.

Il résulte également de ces faits que la rétention des organismes par filtrage peut empêcher l'odeur, du moins pendant quelque temps, et tant que les organismes restent vivants. Mais quand par désintégration l'huile essentielle s'est répandue dans l'eau, le filtrage n'a plus d'effet. Un aérage énergique a alors une certaine utilité. Whipple considère comme le meilleur moyen, d'enlever les organismes par un filtrage quelconque et d'essayer de détruire les substances odorantes par un agent absorbant ou oxydant.

Cette dernière recommandation est basée sur une certaine connaissance de la composition de ces substances odorantes. En traitant de grandes masses de culture pratiquement pure de ces organismes, comme pour *Asterionella*, avec des dissolvants tels que l'éther ou la gazoline, on a pu isoler le principe odorant. C'est ce qui a été fait pour *Uroglena* par Calkins, pour *Anabæna* par Jackson et Ellms, pour *Asterionella* et *Mallomonas* par Whipple. Le produit est bien une huile essentielle; elle n'est pas volatile à la température d'ébullition de l'eau et renferme des aiguilles cristallines; par l'exposition à l'air, elle s'oxyde et se résinifie. Comme oxydants pratiques pour de grandes quantités d'eau, il y a le permanganate de potasse, qui a été essayé à Alexandrie (Égypte), mais les renseignements sur les résultats ne sont pas connus. L'ozone enlève le goût marécageux ; dans les premiers essais du baron Tyndal à Oudshoorn près de Leyde, la matière première, l'eau du Vieux-Rhin, fortement souillée et d'une odeur repoussante, était rapidement changée. Les mêmes résultats peuvent être obtenus par les composés oxygénés du chlore (systèmes dits au peroxyde de chlore par Bergé, au ferrochlore par Duyk).

Tout cela, ce sont des moyens curatifs et pas très facilement applicables; pour l'ozone notamment, il faut des installations assez dispendieuses; la circonstance que le traitement ne serait nécessaire que pendant quelques semaines par an diminue, il est vrai, le coût d'exploitation, mais rend la charge du capital plus lourde dans la même proportion. Quant aux moyens préventifs, on peut recommander de couvrir les réservoirs; l'exclusion de la lumière est un moyen certain de réduire la végétation à un minimum et, en tout cas, d'empêcher la pullulation excessive de ces formes flottantes qui toutes semblent avoir besoin d'une vive lumière. Cela se comprend pour les Cyanophycées, qui sont de vraies Algues, de vraies plantes, décomposant l'acide carbonique par leur appareil chlorophyllien; mais les Flagellés sont plutôt de nature animale et comme tels devraient être indifférents à la lumière. Seulement, beaucoup de Flagellés agissent tout à fait comme des végétaux, ont une nutrition holophytique, des plaques pigmentées qui fonctionnent exactement comme la chlorophylle. Au point de vue pratique, on peut donc les considérer comme des plantes flottantes.

Pour des réservoirs régulateurs, destinés à balancer les différences horaires entre l'apport continu et constant des captages et les grandes variations de la consommation dans le cours d'une journée de vingt-

quatre heures, un recouvrement est à la rigueur encore faisable, quoique l'augmentation du coût de l'installation en devienne considérable. Mais pour des bassins d'emmagasinement, devant contenir une réserve pour des semaines ou des mois, le voûtement est une impossibilité matérielle, comme le comprendront tous ceux qui ont fait une excursion au barrage de la Gileppe.

Dans le cas de Penzance, cité plus haut, on a fort habilement tourné la difficulté; comme le désagrément résulte du mélange de deux eaux de composition chimique très différente, on a commencé par éviter ce mélange. Pendant l'hiver, toute la ville est alimentée par l'eau superficielle, dont on a alors une quantité plus que suffisante. En été, aussitôt que le cours d'eau diminue et que la consommation augmente, les eaux superficielles ne desservent plus que les parties basses de la ville; et les parties hautes sont alimentées par l'eau du puits, refoulée dans un réservoir élevé et couvert. Nous n'avons pas encore de renseignements sur les résultats, mais il est probable qu'ils sont satisfaisants, car les mesures paraissent rationnelles.

La séparation des eaux de diverse nature et de diverse composition doit être possible dans les cas où l'installation comporte plusieurs réservoirs; les dangers d'une pareille séparation à Verviers et à Remscheid ne doivent toutefois pas être perdus de vue. Le mélange ultérieur de ces eaux dans la canalisation n'offre aucun inconvénient, car à ce moment les eaux sont soustraites à la lumière.

On s'est vivement alarmé à Paris de ce mélange d'eaux différentes, non point, il est vrai, pour la formation d'Algues ou de Protozoaires pouvant développer une odeur, mais pour la pullulation des Microbes. Cette pullulation semble être bien établie dans plusieurs cas et il est possible que l'explication soit quelque chose d'analogue à celle donnée pour les Diatomées et les Cyanophycées. Mais cette pullulation est chose parfaitement indifférente tant qu'il ne s'agit pas de Microbes pathogènes. Avec le manque de pondération qui a malheureusement caractérisé la polémique au sujet des eaux à Paris, ces mélanges inoffensifs ont été reprochés avec virulence au service des eaux, et, pour donner satisfaction à ces criailleries, les ingénieurs ont promis de prendre les mesures pour réduire ces mélanges au minimum. Nous ignorons si des travaux ont réellement été exécutés dans ce but; dans l'affirmative, c'est tout simplement de l'argent jeté.

Quand il n'y a qu'un seul réservoir de grandes dimensions et que

la nature de l'eau permet à certaines époques le développement des Algues flottantes, l'ingénieur est pratiquement désarmé; la lutte contre ces infiniments petits, implacables comme les forces de la nature, est trop inégale. Toutefois, il résulte d'observations que j'ai pu faire dans le courant de l'été 1904, que la situation n'est pas si désespérée. Ayant à traiter une eau matière première de fort mauvaise composition chimique, j'ai employé un coagulant pour hâter la décantation et enlever la couleur. L'eau est prise à la Nèthe et comme cette rivière est soumise à marée, les réservoirs ne sont remplis qu'au moment où l'eau qui passe est la meilleure; ce remplissage se fait en une quarantaine de minutes. Une solution de sulfate d'alumine, préparée dans un récipient en bois de 2 mètres cubes de capacité, est à ce moment ajoutée à l'eau et le courant produit un mélange suffisant. Une quantité maximum de 100 kilogrammes de sulfate à 18 p. c. pour 1,000 mètres cubes d'eau, soit 1 par 10,000 et douze heures de décantation donnent une très bonne clarification ; au bout de quelques jours, on peut réduire la dose à 30 kilogrammes. En outre, quand un filtre est remis en marche après nettoyage, il reçoit aussi une dose de sulfate pour former rapidement une couche filtrante et pouvoir utiliser le filtre avant la pullulation des Algues. Ce procédé s'est montré très efficace et a permis de traverser sans encombre la période des fortes chaleurs, si marquée en 1904.

Le but visé était surtout chimique et mécanique, mais il s'est trouvé que l'effet biologique a été également très marqué. La pullulation d'*Aphanizomenon* a été certainement entravée ; deux fois seulement et pendant une couple de jours, les Algues ont réussi à prendre le dessus.

L'action du sulfate d'alumine a probablement été purement mécanique; la substance a agi en enrobant les spores dans le précipité gélatineux d'hydrate d'alumine et en les entraînant au fond. Ce qui semble concorder avec cette hypothèse, c'est le fait que, dans les réservoirs d'entrée, où se faisait la plus grande partie de la décantation, les Algues bleues ont montré cette année une persistance inusitée ; elles réapparaissaient constamment, en quantité modérée mais assez pourtant pour avoir à en tenir compte, jusqu'au milieu du mois de novembre, dans les réservoirs de décantation, d'où naturellement elles étaient disséminées sur les filtres. Pour s'en débarrasser définitivement, il a fallu procéder à un curage à fond, supplémentaire, des trois réservoirs Cette persistance prouve que les germes ou spores n'étaient pas atteints dans leur vitalité par le réactif.

Le *desideratum* serait un produit permettant de détruire les Algues bleues par une action toxique réelle. Mais cette toxicité devrait être spécifique, c'est-à-dire détruire les Cyanophycées sans être nocive pour les animaux supérieurs et pour l'homme. Une autre condition essentielle est le bon marché. Les théoriciens croient parfois la question d'argent secondaire ; pour montrer combien ils ont tort, il suffit d'un exemple réduisant cette thèse à l'absurde : le chlorure d'or précipite les matières organiques, mais il ne viendra à l'esprit de personne de vouloir essayer ce procédé dans la pratique en grand ; seulement, c'est à peu près la même chose quand des hygiénistes parlent à propos des eaux d'égout, de la stérilisation absolue par le feu. La substance utilisable doit être un produit de fabrication courante, agissant en très petite quantité, ou, ce qui revient au même, encore active à un très haut degré de dilution.

Ces conditions semblent difficiles à réaliser. Pourtant, depuis de longues années, la science aurait pu fournir à la pratique des renseignements précieux. On savait depuis longtemps que l'*Aspergillus niger*, une des moisissures les plus communes, refuse de végéter dans un milieu nutritif pourtant parfaitement approprié, quand on emploie une capsule d'argent. Ce sont les expériences de Raulin, mentionnées dans tous les traités de botanique. Il était tout naturel d'attribuer ces insuccès à l'action toxique du métal, qui entrerait en dissolution dans le liquide nutritif et le rendrait toxique. Mais les recherches chimiques par les méthodes les plus délicates ne parvinrent pas à déceler des traces d'argent. Il fallait donc bien admettre un degré de dilution tel, que l'analyse chimique restait impuissante, mais qui n'en exerçait pas moins une action physiologique bien marquée.

Ce fait attira quelque peu l'attention, mais plutôt comme une curiosité, et resta longtemps isolé. Ce fut Nægeli, le botaniste de Munich, qui y ajouta plusieurs autres du même genre. Étudiant l'influence des solutions de nitrate d'argent sur une Algue verte, *Spirogyra*, il constata avec stupéfaction que la dilution pouvait être poussée à un degré incroyable. Ainsi, une solution au millionième de milliardième (l'unité suivie de 15 zéros) tuait les cellules en trois à quatre minutes ; le sublimé corrosif ou chlorure mercurique donnait des résultats analogues, sauf que la série de zéros du dénominateur

était poussée jusqu'à 24. Des vases de verre, qui avaient renfermé des pièces de cuivre, après avoir été vidés et rincés, peuvent rendre encore une nouvelle eau toxique. Le travail de Nægeli a été, après sa mort, trouvé achevé dans ses papiers, mais sans titre; Schwendener lui en donna un; ce pouvoir des solutions ultra-diluées fut désigné comme « oligodynamie ».

C'est, en réalité, une application de ces recherches de Nægeli que l'emploi du sulfate de cuivre pour la destruction des Algues, procédé que viennent de faire connaître en mai 1904 deux savants du département de l'agriculture des États Unis, G.-T. Moore et K.-F. Kellerman. Le sulfate de cuivre est employé depuis longtemps comme désinfectant et pour protéger les graines à semer contre toute sorte de parasites. Mais il s'agit maintenant de son emploi à un très haut degré de dilution et de l'utilisation de sa toxicité spécifique pour les organismes inférieurs, alors que, du moins à cette dose, les organismes supérieurs ne sont pas affectés.

La première application en grand a consisté à débarrasser une cressonnière des Algues qui l'avaient envahie et qui étouffaient toute autre végétation. Le remède fut radical; les Algues disparurent comme par enchantement et le cresson put se développer sans encombre. On songea ensuite aux réservoirs infectés par les organismes flottants et un certain nombre d'essais ont déjà été tentés avec un plein succès. Ce qui démontre l'efficacité du procédé, c'est que dans une eau contaminée et odorante l'application du sulfate de cuivre a pour effet immédiat d'augmenter notablement la mauvaise odeur, preuve que les organismes ont été tués. Le remède empire donc le mal, mais au bout de quelques jours, c'est fini, et définitivement; tandis qu'autrement, il faut attendre patiemment — ou plutôt impatiemment — qu'il plaise aux Algues elles-mêmes de bien vouloir s'en aller.

Ces faits ont immédiatement excité le plus vif intérêt chez tous ceux qui ont eu des difficultés avec le goût et l'odeur de l'eau, c'est-à-dire la grande majorité des ingénieurs de distributions d'eau. En France, le ministre a demandé un rapport, non au Conseil supérieur d'hygiène ou à une personnalité en vue de Paris, mais à un ingénieur de province, Imbeaux, de Nancy; on ne pouvait choisir un homme plus compétent. A Londres, où les étangs des parcs publics suscitent chaque année des plaintes, on va les traiter au sulfate de cuivre. Il est à supposer qu'avant la fin de l'année 1905 il y aura une abon-

dante littérature sur les expériences faites un peu partout pendant la période des grandes chaleurs. Il est à prévoir aussi que, malgré la forte dilution à laquelle la substance peut être employée, l'augmentation de la demande pour cet usage nouveau fera hausser les prix.

Pour introduire la substance dans un lac ou un grand réservoir, on a attaché à une barquette un sac contenant des cristaux et on fait croiser la barquette en tous sens. Le procédé est excellent quand il s'agit de faire vite et de traiter un réservoir contaminé. Mais il semble que la méthode sera surtout utile comme moyen préventif et que le moment de l'appliquer est non pas après, mais avant la pullulation des Algues; de cette façon, on éviterait l'exacerbation du mauvais goût pendant quelques jours, suite de la destruction massive des Algues. En pratique, voici comment on pourrait procéder : le gardien du réservoir, le préposé au robinet ou tout employé intelligent habitant sur place recevrait un filet à main pour pêche planktonique; on lui apprendrait à reconnaître *Anabæna* et *Aphanizomenon* ou tels autres organismes que l'on sait, pour ce cas spécial, pouvoir pulluler; aussitôt que ces organismes montrent la tendance à augmenter, l'ingénieur peut être ainsi immédiatement averti. Dans les divers cours d'eau alimentant le réservoir on peut alors placer des sacs, ou mieux des paniers, contenant des cristaux de sulfate de cuivre; la rapidité de la dissolution se règle très facilement d'après la quantité dont on fait immerger les paniers; on obtiendrait ainsi une répartition beaucoup plus uniforme du sel dans toute la masse de l'eau.

On pourra trouver singulier de confier un travail de détermination botanique au personnel subalterne. Incontestablement, il vaudrait mieux d'avoir partout un spécialiste qualifié; mais la chose importante est la présence constante sur place même, de façon à ce que les faits soient signalés aussitôt qu'ils se produisent. Or, c'est ce qui est pratiquement impossible quand le naturaliste ou le chimiste habitent la ville et ne résident pas sur les travaux; des inspections de temps en temps ne sont certes pas inutiles, mais sont insuffisantes. Du reste, il ne s'agit pas de demander à un fontainier un rapport détaillé, de lui laisser l'initiative des mesures à prendre, ce qui ferait de lui le véritable directeur de l'entreprise. Pour les grandes installations, il y a toujours des ingénieurs, un chimiste en titre; les petites distributions pourraient s'entendre ou être forcées de s'entendre pour avoir un spécialiste consultant. Le rôle du personnel subalterne se réduirait à aviser ce spécialiste, à le tenir au courant de ce qui se

passe, de façon que son intervention puisse se produire en temps opportun pour prévenir, et non pas, comme c'est parfois le cas autrement, trop tard, et uniquement pour pallier ou pour constater qu'il n'y a plus rien à faire.

Une question importante qu'on peut et qu'on doit même se poser, est comment travaillent ces quantités infinitésimales de métal, quel est le procédé opératoire ou physiologique de cette toxicité. Nægeli a remarqué dès le début de ses recherches que les modifications histologiques de la cellule tuée par oligodynamie n'étaient pas les mêmes que dans la mort par les solutions plus concentrées. Dans ce dernier cas, le protoplasme se retire de la membrane; c'est même le moyen courant employé dans les laboratoires pour mettre en évidence « l'utricule primordiale »; les bandes chlorophylliennes changent de couleur, mais non de position, la cellule perd sa turgescence. On pourrait songer à l'hétérotonie de de Vries pour expliquer ces phénomènes; mais Nægeli a voulu voir jusqu'à quel degré de dilution du toxique ces modifications se produisaient. Pour le sublimé corrosif et des *Spirogyra* au dix-millième de dilution, ces modifications histologiques, qu'on peut dire classiques, faiblissaient; elles ne disparaissaient entièrement qu'à la dilution de un millionième. Or, même avec la dilution au dix-millième, nous sommes loin de la concentration des solutions toniques de de Vries et cette explication de soustraction d'eau par simple phénomène osmotique est inapplicable. On pourrait suggérer que le protoplasme mort, de même que la membrane, ne peuvent plus retenir l'eau de constitution ou d'imbibition et que, par là, la cellule se ratatine.

Dans la mort par oligodynamie, le protoplasme reste en place, la cellule conserve sa turgescence, mais les spirales de chlorophylle se séparent du plasma, se raccourcissent et s'agglomèrent. L'explication ci-dessus du ratatinement par impuissance de retenir l'eau d'imbibition nécessaire à la vie, peut donc encore, à la rigueur, s'appliquer au protoplasme chlorophyllé, mais non au protoplasme normal et ordinaire de la cellule. Il est donc probable que les deux procédés de mort sont différents et il est malheureusement plus certain que nous ne savons rien de précis, ni sur l'un mode ni sur l'autre. Pour l'oligodynamie, Nægeli à songé à l'action de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, mais sans rien pouvoir démontrer; il a donc bien fallu admettre l'action spécifique du métal dissous, malgré son état

d'extrême dilution. Nous ne sommes donc pas plus loin que Loew et Bokorny, dont le travail a inspiré les recherches de Nægeli et qui ont démontré que le protoplasme vivant contient comme principe essentiellement actif, ou du moins comme principe important, des composés de nature aldéhydique qui manquent dans le protoplasme mort. Le traitement d'une cellule vivante par le nitrate d'argent serait donc analogue à l'argentage d'un miroir par l'aldéhyde.

Le travail de Loew et Bokorny a été publié dans le volume I du *Biologisches Centralblatt*. Le travail de Nægeli, avec une note de Cramer, confirmant tous les résultats, a paru dans les *Denkschriften der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft* en 1903. M. H. de Varigny en a donné un bon résumé dans la *Revue scientifique* du 2 septembre 1893, page 299.

Contre l'emploi du sulfate de cuivre, on n'a pas manqué d'objecter que ce métal est considéré comme toxique pour l'homme. Au Congrès des ingénieurs à Saint-Louis, en septembre 1904, on avait mis à l'ordre du jour les progrès réalisés dans la purification en grand des eaux dans les dix dernières années; la question du sulfate de cuivre a été introduite dans la discussion. Un seul des intervenants a insisté sur la toxicité de ses composés et réclamé des précautions spéciales pour précipiter le métal par voie chimique et puis l'éliminer mécaniquement par filtrage. Ces exigences auraient naturellement pour effet de rendre le procédé inapplicable dans bien des cas. Du reste, dans cette communication, tous les procédés connus d'épuration sont critiqués, sauf celui inventé par l'auteur.

Il est certain que, à une certaine dose, les sels de cuivre sont toxiques; mais il n'est pas moins indubitable que la toxicité a été fortement exagérée, et la proscription de traces de ce métal dans les aliments a été une des erreurs de l'hygiène. On en est du reste revenu et, il y a quelques années, le Conseil supérieur d'hygiène en France a modifié ses règlements dans le sens d'une certaine tolérance. L'organisme humain supporterait parfaitement jusqu'à un gramme de sel de cuivre par jour. On pourrait faire valoir un argument zoologique : dans le sang des Céphalopodes, Fredericq a trouvé que le fer est remplacé par le cuivre. Ce métal a même eu ses enthousiastes, et le professeur Dumoulin, de l'Université de Gand, était un partisan convaincu de ses vertus. En tout état de cause, les faibles quantités à employer pour la destruction des

Algues seront absolument inoffensives. Une certaine proportion du sel (d'après Whipple, au Congrès de Saint-Louis) est précipitée à l'état de carbonate basique, soluble, il est vrai, dans de l'eau renfermant de l'acide carbonique libre. Les conditions pourront donc varier avec la composition chimique des eaux.

Des renseignements intéressants ont été fournis par Whipple. Dans plusieurs cas, il a suffi d'une partie de cristaux pour 8 millions, soit 1 kilogramme par 8,000 mètres cubes, pour détruire les Cyanophycées, lesquelles paraissent du reste être tout particulièrement sensibles. Des expériences en grand n'ont pas encore été faites sur les Flagellés, mais aussitôt que *Uroglena* ou *Synura* deviendront encombrants quelque part, leur affaire est claire; à en juger par leur structure, protoplasme nu ou simplement entouré de gelée, plaques chlorophylliennes, il est probable qu'on en aura aisément raison. Mais il est à craindre que d'autres organismes ne se montrent plus résistants, et tel paraît notamment être le cas pour les Diatomées, protégées par leur boîte siliceuse.

Or, ce fait que Whipple mentionne comme un inconvénient ou tout au moins comme une difficulté, constitue au contraire un avantage considérable dans la pratique. Whipple ne considère que les formes flottantes et a probablement à l'esprit son expérience désagréable avec *Asterionella*. Mais les espèces non flottantes, les formes benthoniques (qui vivent au fond) constituent le recouvrement des couches supérieures du sable dans les filtres et assurent la purification chimique dans l'opération du filtrage. S'il est précieux de pouvoir se débarrasser des Cyanophycées, il est tout aussi utile de pouvoir épargner et conserver les Diatomées; par suite de l'inégale résistance de ces deux formes, il semble qu'il y a moyen de manœuvrer entre les deux, en choisissant une dose toxique pour les Algues bleues, mais insuffisante pour trop nuire aux Diatomées. L'essai n'a pas encore été fait, mais la chose mérite d'attirer la plus sérieuse attention de tous les ingénieurs qui filtrent au sable.

On s'est déjà préoccupé de l'action du sulfate de cuivre sur les Microbes et spécialement sur les pathogènes, celui du typhus et du choléra. Depuis de longues années, la substance est employée comme antiseptique ou « désinfectant »; les hygiénistes lui trouvaient l'avantage sur le sublimé, de pouvoir être mis entre les mains du vulgaire, la couleur de la solution étant de nature à prévenir des erreurs. Il s'agit maintenant de savoir si les solutions diluées ont encore une

action et il paraît que la question doit être résolue affirmativement. On a fait valoir que les ouvriers qui manipulent le cuivre, non seulement n'en ressentent aucun inconvénient, mais jouissent au contraire d'une immunité contre plusieurs maladies infectieuses, observation qui aurait été faite pendant les épidémies de choléra. La quantité de métal qui peut entrer ainsi dans l'organisme doit être fort minime et à peu près dans les limites des actions oligodynamiques. Si cette action sur les Microbes pathogènes se vérifie, il y aurait un moyen commode d'empêcher la contamination de toute l'eau d'un réservoir, en traitant celui des affluents dont la qualité hygiénique deviendrait douteuse ou suspecte.

On n'a pas encore songé à appliquer le sulfate de cuivre contre les organismes des tuyaux. Contre cet emploi, il se présente à l'esprit une première objection : le cuivre est précipité de ses solutions par le fer. Le tuyautage, généralement rouillé après quelques années malgré le goudronnage, agira donc chimiquement sur le réactif. D'après les analogies biologiques, il est probable que *Crenothrix*, l'Algue ferrugineuse dont nous aurons à nous occuper en détail plus loin, sera affectée, du moins dans sa sporulation. Les Bryozoaires sont des organismes placés beaucoup plus haut dans l'échelle des êtres, protégés par une gaîne cornée fort épaisse; mais leur appareil pour la capture de la proie est un système de tentacules fort délicats, avec mouvements ciliaires, un lophophore; il est possible que cet appareil soit atteint et ainsi l'animal frappé de mort. Les tubes fixés aux parois finiront-ils par se détacher? Il serait intéressant de pouvoir faire des expériences.

Dans tout ce qui précède, nous avons considéré une distribution alimentée par l'eau d'une rivière ou d'un lac, soit naturel, soit artificiel, c'est-à-dire par une eau n'ayant subi aucun traitement, si ce n'est la décantation. Il n'y a pas de filtrage; tout au plus la rétention des objets d'un certain volume est-elle assurée par un tamisage grossier, généralement à travers des écrans ou des toiles métalliques. Essayons maintenant d'obtenir une idée d'ensemble des conditions biologiques d'une pareille distribution.

Le fait dominant, c'est que la canalisation est la continuation, le prolongement du cours d'eau ou du lac et que, par conséquent, les organismes pourront entrer et entrent effectivement dans le tuyautage. Les barrières interposées, grilles, tamis, peuvent être efficaces

pour certains organismes adultes, mais souvent ne le sont pas pour les œufs de ces mêmes animaux, pour les spores des plantes cryptogames, parfois même pas pour celles de certaines phanérogames. Il y a donc inévitablement immigration de la rivière ou du lac dans le réseau. La faune des tuyaux sera donc composée d'espèces locales de la région, comme l'ont constaté Kræpelin et Locard.

Ces espèces seront identiques avec celles vivant dans les conditions normales. Les quelques décades d'années ne sont pas un temps suffisant pour avoir amené des modifications fixées et permanentes des formes animales : une condition importante pour la diversification en espèces distinctes, notamment l'isolement, n'est pas réalisée; la faune des tuyaux reçoit constamment de nouveaux immigrés, qui maintiennent les caractères normaux. Kræpelin, qui avait commencé ses études avec l'idée qu'il pourrait y avoir de ces modifications adaptives, a reconnu qu'il n'en était rien. L'opinion contraire émise par Locard pour quelques espèces de *Dreissensia* qui se seraient constituées dans les tuyaux, repose en effet sur une certaine exagération dans l'importance accordée à des variations individuelles.

Si la faune des tuyaux est alimentée par la faune de l'extérieur, à peine modifiée pour la forme des individus, il n'en est plus de même pour la composition de cette faune. Certaines espèces jouant un rôle assez secondaire à l'extérieur, deviennent dominantes dans les tuyaux, évidemment pour la raison que les conditions spéciales leur agréent mieux ou qu'ils peuvent plus facilement s'y accoutumer. La première condition est ici la facilité de fixation offerte par la grande surface de paroi solide. D'autres espèces sont exclues, peuvent se rencontrer à l'état d'individus entraînés, mais ne peuvent se maintenir et prospérer, par exemple tous les animaux aquatiques mais respirant pourtant l'air en nature; aussi les planktoniques qui sont entraînés par le courant trop rapide, surtout les végétaux dont les fonctions assimilatrices sont sous la dépendance directe des rayons solaires. Du développement excessif de certaines formes, de l'exclusion de certaines autres, résultent des changements considérables des relations biologiques ou éthologiques; Kræpelin en a signalé plusieurs avec beaucoup de perspicacité, comme par exemple l'absence des Insectes carnassiers et de l'ennemi spécial des Bryozoaires, les larves de *Chironomus*.

Les organismes libres, non fixés, qui pulluleront dans les tuyaux seront ceux qui vivent dans le fouillis des organismes fixés, ainsi que

cela a été dit pour quelques Vers tels que *Nais* et quelques Arthropodes tels que *Asellus*.

L'obscurité qui règne dans le tuyautage supprime radicalement toute vie végétale active, par conséquent toute formation nouvelle de matière organique par synthèse, aux dépens des composés minéraux. Toute la faune du réseau est donc dépendante, en dernière analyse, des matériaux nutritifs qui lui viennent de l'extérieur. Dans les eaux à courant un peu vif, ces matériaux sont en quantité assez limitée; c'est la stagnation surtout qui favorise le développement du plankton et aussi de beaucoup de formes fixées. Par suite de ces circonstances, des bassins de décantation intercalés entre la prise d'eau et le tuyautage, loin d'avoir un effet utile, sont parfois positivement nuisibles; la preuve en a été fournie à Rotterdam, comme nous le verrons plus loin.

Les organismes fixés des tuyaux sont tous remarquables par leur forte adhérence au support; les tubes de Bryozoaires tiennent solidement aux parois; le raccourcissement du byssus des *Dreissensia*, signalé par Locard, est sous ce rapport un fait très significatif. Ce recouvrement peut donc supporter un certain effort mécanique, c'est-à-dire pratiquement un courant d'eau assez fort. Et comme la quantité de nourriture est proportionnelle à la masse d'eau, cette rapidité plus grande du courant signifie une nutrition plus abondante et poussée plus loin en avant dans le réseau.

Les organismes habitant les premières parties de la canalisation peuvent être considérés comme occupant la situation la plus favorable, comme étant aux premières loges. A mesure que l'eau pénètre plus loin, elle doit devenir moins nutritive, par la perte de ce que tous les mangeurs qu'elle a passé lui ont enlevé; pour une longueur suffisante, il semble qu'aux extrémités il ne doive plus rester grand' chose et que, par conséquent, les organismes ne pourront pas se développer dans les parties distales, faute de nourriture suffisante. Les faits ne semblent pas d'accord avec cette conclusion; Kræpelin signale expressément la grande abondance de la faune, même dans les quartiers excentriques, et Locard a fait des observations analogues. Cet envahissement complet du réseau peut dépendre de la grande quantité de matériaux nutritifs dans l'eau à l'entrée; elle ne pourrait dépendre que de cela, si le principe de la non-formation de matière organique nouvelle, à cause de l'absence de lumière, était

d'application stricte et absolue. On pourrait concevoir un prolongement de la faune au delà de la limite d'épuisement nutritif de l'eau, par le fait de la mort et de la désintégration ou même de la simple présence d'organismes dans la partie proximale du réseau. Il y a toujours quelques Bryozoaires qui meurent, quelques Vers ou quelques Crustacés qui succombent et dont les débris vont de nouveau charger l'eau dépouillée; il y a surtout l'activité digestive qui est une cause permanente d'enrichissement à nouveau. Mais tout cela ne sont que des transformations, des réemplois de la matière organique, primitivement présente, quelque abondante qu'on le suppose, en quantité limitée et qui, par conséquent, doit avoir une fin.

Il importe de remarquer qu'il s'agit toujours ici, non de matière organique dans le sens chimique, mais dans le sens biologique, c'est-à-dire de parcelles solides, organismes eux-mêmes, plantes ou animaux microscopiques, ou débris d'organismes antérieurs. Mais la matière organique chimique, dissoute, peut intervenir également. C'est une question certainement non encore définitivement tranchée dans la négative, que de savoir jusqu'à quel point cette matière organique dissoute est utilisable et utilisée par les Infusoires et même des animaux beaucoup plus élevés. Pour certaines Algues, notamment *Crenothrix*, il semble bien que tel soit le cas. Parmi l'infinie variété de Microbes qui pullulent dans les eaux, il serait plus qu'étrange qu'il n'y en eut pas bon nombre doués de la même propriété. Or, en comptant 50 milligrammes de matières organiques par litre, quantité fréquemment atteinte, souvent largement dépassée, nous arrivons, pour une alimentation de 40,000 mètres cubes par exemple, à 2,000 kilogrammes par vingt-quatre heures, soit, en prenant les choses un peu largement, à 100 kilogrammes par heure. Comme les Microbes servent de proie aux Infusoires, et ceux-ci à toute la faune à lophophore, on voit qu'il y a suffisamment de quoi gaver abondamment tout ce qui peut trouver place sur la surface du tuyautage le plus étendu. L'étonnant n'est pas la richesse actuelle de cette faune, mais bien qu'elle ne soit pas plus riche encore, au point d'obstruer complètement le tuyautage, ce qui, du reste, s'est produit dans un certain nombre de cas.

Le consommateur alimenté par une pareille distribution peut trouver une consolation à ses ennuis par la variété des organismes qu'il peut recueillir au robinet; mais c'est un avantage généralement

peu apprécié. Si l'on voulait se donner la peine de parcourir les journaux locaux, les comptes rendus des séances des conseils municipaux, les rapports de commissions spéciales, on pourrait collectionner quantité de choses drôles ; mais l'énorme travail de compilation serait, au point de vue scientifique, d'un intérêt minime. Par exemple, quand la question est discutée dans la presse locale, la quantité et les dimensions des organismes sont sujettes à d'étranges variations ; d'après les feuilles de l'opposition, on les compte par myriades et le moindre *Cyclops* devient une baleine ; tandis que pour les journaux du parti au pouvoir, il s'agirait de quelques rares individus ultra-microscopiques.

Il y a une trentaine d'années, on a fait beaucoup d'agitation au sujet d'un projet pour alimenter toute la Belgique, et principalement Bruxelles, au moyen de l'Ourthe. Un barrage de 50 mètres de haut devait constituer un immense réservoir. Le conseil provincial du Brabant a, pendant plusieurs années, étudié à fond la question sous toutes ses faces, sauf le côté financier, dont il a déclaré ne pas vouloir se préoccuper. Aussi, le seul résultat pratique a-t-il été un volumineux rapport.

Belgrand, le célèbre ingénieur de Paris, a donné un avis et traite, entre autres questions, de la flore et la faune probables du réservoir projeté. Il accorde une grande importance pratique à la couleur de l'eau. « Les eaux du granit, dit-il (p. 455 du rapport), ont une couleur fauve, qui devient très intense lorsqu'elles sont profondes ; elles repoussent donc les rayons orangés de la lumière, c'est-à-dire les rayons chauds, et ne laissent pénétrer jusqu'au sol que les rayons bleus, qui sont froids. Il en résulte que les herbes aquatiques prennent très peu de développement dans ces eaux et n'en altèrent pas la qualité, tandis que dans les eaux bleues, les rayons froids sont repoussés et les rayons orangés, les rayons chauds, pénètrent jusqu'au sol et y développent une végétation de plantes aquatiques tellement abondantes que les herbes remplissent le lit et altèrent la qualité de l'eau.

« Il y a donc une première vérification, très facile à faire, puisque l'Ourthe est habituellement limpide : ses eaux, dans les parties profondes, paraissent-elles bleues ou fauves ? Dans le premier cas, le réservoir se remplira d'herbes aquatiques et l'eau contractera une saveur désagréable ; dans le second cas, les herbes ne se développeront que dans les parties où l'eau sera peu profonde et se composeront

généralement de roseaux et de nénuphars et, dans ce cas, l'eau restera potable.

« Parmi les rivières dont les eaux limpides et bleues sont rendues impotables par l'accumulation des herbes aquatiques, je citerai dans le voisinage de Paris le Loing, qui tombe dans la Seine un peu en amont de Fontainebleau, et l'Hyère, qui s'y jette à Villeneuve-Saint-Georges, en amont de Paris. Ces deux charmantes rivières roulent en été des eaux bleues très limpides; elles se remplissent donc d'herbes et leur eau devient absolument impotable, même après filtration. Il en est de même de la plupart des rivières de la Bourgogne, qui sont limpides et bleues; les populations riveraines ne font jamais usage de ces eaux. »

L'auteur mentionne ensuite la formation dans les bouteilles où l'on conserve de l'eau pendant plusieurs mois, de matières vertes qui se développent sous l'influence de la lumière (ce sont certainement des Algues) et de « matières floconneuses brunes », qu'il a trouvées avec de l'eau de la Tamise puisée en amont de Londres et filtrée par les compagnies, avec les sources de la tourbe; le dépôt est très abondant dans les réservoirs de la ville d'Angers, alimentés par des galeries filtrantes le long de la Loire, de même avec l'eau des galeries de Lyon dans les graviers du Rhône. Toutes ces eaux étaient à cette époque considérées comme très potables; pourtant, ce dépôt ne se produit pas dans l'eau des belles sources de la craie ou des terrains oolithiques. — Il est probable que ces flocons bruns sont du *Crenothrix*.

Pour répondre aux questions qui lui étaient posées, Belgrand a examiné deux réservoirs en France : celui des Settons, dans le Morvan, pour régulariser le régime navigable de la Cure, l'Yonne et la Seine (terrain granitique, 22 millions de mètres cubes) et celui du Gouffre d'Enfer pour la ville de Saint-Étienne (1 $^1/_2$ millions de mètres cubes). Quelques années auparavant, il avait constaté dans l'eau des Settons, « ces petits insectes d'eau douce, semblables à une crevette microscopique *Gammarus Pulex* (*sic*)... Ces insectes, et beaucoup d'autres (*Daphnia*, *Cypris*, *Polyphème*), se produisent par myriades pendant les grandes chaleurs, non seulement dans les réservoirs reposant sur la terre, comme celui des Settons, mais encore dans les réservoirs en maçonnerie de la ville de Paris, lorsqu'ils sont découverts... Cette faune de petits insectes se développera certainement par myriades dans le réservoir de l'Ourthe, comme elle se développe dans les réservoirs découverts de la ville de Paris, notamment dans ceux qui

reçoivent l'eau du canal de l'Ourcq. Il est assez rare que ces insectes arrivent jusqu'au consommateur; ils sont tués en route, sans doute par l'absence de lumière ou par la rapidité du courant. Néanmoins, il est certain que le développement de cette faune est un des plus grands inconvénients des eaux stagnantes. Si le projet de M. Dusart s'exécute, il suffira, pour déconsidérer l'eau de l'Ourthe, qu'un habitant influent de Bruxelles constate dans une carafe servie sur sa table la présence d'un de ces insectes. »

Nous n'allons pas chicaner Belgrand pour ses dénominations zoologiques; mais il est pourtant regrettable de voir un homme de sa valeur parler comme un vulgaire littérateur ou comme un des quarante immortels. Ce terme d' « Insecte », auquel il semble tenir, rappelle le « cardinal de la mer » de Jules Janin et le « petit poisson rouge qui nage à reculons » du Dictionnaire de l'Académie.

L'auteur du projet a répondu aux objections de Belgrand. Il a fait toute une série de calculs pour démontrer que l'eau du réservoir ne serait pas stagnante et que, par conséquent, les conditions pour une pullulation d'animalcules ne seraient pas réalisées. Ces animalcules sont ici, à la fin, des « Crustacés ». Il cite de longs extraits du mémoire bien connu de Plateau, qui insiste sur la pauvreté des ruisseaux limpides des provinces de Namur et surtout du Luxembourg belge. Mais il ressort du texte que Plateau attribue cette rareté au fait que les cours d'eau, dans la région montagneuse du pays, sont trop rapides.

On a fait intervenir un autre naturaliste belge; le gouverneur du Brabant a demandé l'avis de P. J. van Beneden, le professeur de zoologie à l'Université de Louvain. La réponse, fort réservée, est que l'eau de l'Ourthe sera probablement peu favorable à la végétation et à la vie des Crustacés, surtout quand elle sera emmagasinée à peu de distance des sources.

Il est curieux de suivre, dans les divers rapports et dans les discussions, comment ces déclarations des zoologistes sont présentées. Le rapporteur au Conseil provincial, le Dr Crocq, insistant sur la rareté des Crustacés dans le haut pays, termine en disant : « Du reste, en voilà bien assez sur ces petits animaux microscopiques, que les savants connaissent, mais que vous, Messieurs, ne verrez probablement jamais, à moins de faire usage d'instruments grossissants. » Il y a là un peu d'exagération, car les *Cyclops* et les *Daphnia* ne sont pas si petits; ils sont parfaitement visibles à l'œil nu.

Le rapporteur, pour appuyer sa thèse d'un exemple, poursuit : « Je vous ai dit que j'ai vu beaucoup de lacs et que je n'en connais pas dont les eaux soient corrompues. Nous en avons encore une preuve en Belgique : c'est l'étang de Dickebusch, qui fournit l'eau potable à la ville d'Ypres. C'est un étang placé à une altitude beaucoup moins grande que celle de l'Ourthe et dans un pays plat, favorable à la reproduction des Animalcules. Malgré ces conditions défavorables, les eaux y sont de bonne qualité. »

L'exemple n'est pas heureusement choisi. Cet étang de Dickebusch, qui n'a plus été dévasé depuis des siècles, est tellement encombré sur ses bords par la végétation, que l'eau se charge de tanin, au point de donner un précipité noir avec le fer, une véritable encre. Aussi, quand on a remplacé la vieille canalisation par des tuyaux de fonte, l'eau est devenue noirâtre. Quand on ouvre une bouche d'incendie dans la rue, il sort d'abord un paquet de coquilles avec des Bryozoaires, des Vers, et l'examen microscopique décèle d'innombrables Infusoires. Pendant quelques années, un professeur de zoologie d'une de nos universités faisait venir de l'eau d'Ypres quand il traitait des Protozoaires dans son cours. A leur sortie de l'étang, les eaux passent à travers deux filtres, mais les matériaux filtrants sont de gros pavés ! Dans un flacon de quatre litres, prélevés en cet endroit, il y avait le lendemain, contre les parois, au moins une centaine de beaux exemplaires d'Hydre grise. La Ville d'Ypres a, du reste, joué de malheur avec sa distribution d'eau. On a construit un réservoir entre deux fossés des anciennes fortifications ; quand on a voulu remplir ce réservoir, une moitié s'est écroulée dans le fossé ; les arcades restantes ont été pendant plusieurs années comme une ruine pittoresque dans la promenade publique.

Les principaux travaux récents sur les organismes des distributions d'eau sont des travaux américains. Dans les grandes villes des États-Unis, le problème s'impose à l'attention plus que partout ailleurs. Les consommations sont considérables, deux ou trois fois plus par tête d'habitant qu'en Angleterre, cinq ou six fois plus que dans les villes du continent européen. Ces débits exagérés sont purement et simplement du gaspillage, résultant du fait que les abonnés ne sont pas contrôlés par compteur et que les municipalités électives n'osent pas prendre des mesures coercitives. Philadelphie, par exemple, consomme 20 p. c. de plus que Londres, malgré la diffé-

rence de population. Le résultat est que le filtrage ou l'épuration convenables de pareilles quantités, nécessitant des installations de grandeur appropriée, sont coûteuses en proportion, et naturellement la situation hygiénique se ressent de la mauvaise qualité des eaux. La portion intelligente de la population proteste en vain contre un pareil état des choses. A Philadelphie, on a fait des meetings, créé des comités; il y a même une ligue de femmes qui a obtenu des audiences du maire. Celui-ci est nommé pour trois ans. La première année, il déclare que la question des eaux est de la plus grande importance et qu'il va y donner la plus sérieuse attention; la deuxième année, il est en train d'étudier, et la troisième année, il fait comprendre en termes diplomatiques que pour lui cela ne vaut plus la peine et qu'il laisse l'affaire à son successeur. En attendant, la municipalité et les divers comités de zélateurs envoient partout, même en Europe, des commissions d'étude, composées de gens fort aimables et quelques-uns fort compétents, qu'on se fait un plaisir de recevoir; mais on envoie aussi des questionnaires et il faudrait écrire un volume pour répondre à tout ce qu'on demande. Toutefois, il est juste de dire que la situation pour les villes américaines s'améliore chaque année par l'introduction de compteurs, une politique répressive plus énergique et la création d'installations d'épuration.

Les biologistes ont porté leur attention non seulement sur la détermination de la nature des organismes, mais aussi sur leur nombre. En chimie, une analyse quantitative est beaucoup plus longue qu'une analyse qualitative; mais pour une analyse biologique, c'est l'inverse. L'examen microscopique, avec un peu d'habitude, permet d'identifier rapidement; aussi de dire approximativement que telle ou telle espèce est dominante; mais on comprend combien il doit être difficile de se commettre à des chiffres.

C'est pourtant ce qu'on veut tenter et l'on a précisé dans ce but des méthodes de récolte et de numération. V. Hensen, le zoologiste de Kiel, pour ses remarquables études des animaux flottants de la mer, le plankton, pêchait au moyen d'un filet de gaze de soie, recueillait les animaux capturés dans de l'alcool, mesurait le volume du dépôt et procédait finalement à la numération des divers organismes de ce dépôt sur quelques fractions. La quantité d'eau traitée lui était donnée par la section d'ouverture du filet et la colonne d'eau traversée. Il a obtenu ainsi une confirmation de ce que le *Challenger* nous avait déjà appris : que le plankton marin se compose essentiellement

en quantité de Copépodes, d'Appendiculaires et de Foraminifères. La même méthode est applicable aussi aux organismes planktoniques d'eau douce.

On a trouvé au filet certains inconvénients, notamment la possibilité pour des organismes doués d'un pouvoir locomoteur un peu énergique d'échapper à la capture. La pompe à plankton remédie à cet inconvénient et peut plonger à des profondeurs exactement déterminées, mais modérées.

On a également essayé de concentrer les organismes dans une quantité donnée d'eau au moyen de la force centrifuge. Un appareil rotateur à grande vitesse a reçu le nom de « planktonocrite ».

La méthode à laquelle on donne la préférence est celle de Sedgwick-Rafter. Un réservoir d'un demi-litre, de préférence cylindrique, s'atténue vers le bas en entonnoir ; dans la partie étroite, on met un peu de sable sur un petit morceau de gaze en soie ; les organismes retenus par filtrage, mélangés à un peu d'eau, sont ensuite examinés au microscope Un centimètre cube est mis dans une cellule de 50 × 20 × 1 millimètre. L'oculaire est muni d'un micromètre gravé ou photographié avec un carré couvrant 1 millimètre carré, subdivisé dans une de ses parties en carrés de 20 microns de côté (2 centièmes de millimètre). Cette surface de 400 microns carrés est dénommée *standard unit*, ou unité type. La quantité de matière organisée est évaluée, non par le nombre des individus, car la taille de diverses formes est trop différente, mais en *standard units*.

Cet effort pour arriver à une précision numérique est méritoire, mais on peut se demander si le résultat vaut le travail considérable. On n'a pas, en somme, gagné beaucoup à pouvoir remplacer les qualificatifs un peu vagues de « abondant, très abondant, rare », par des chiffres dont l'exactitude sera toujours affectée par un coefficient assez élevé d'erreur inévitable. Il est bon, il est même nécessaire dans certains cas, d'avoir une idée de la quantité absolue de matière organisée dans une masse d'eau ; la méthode par précipitation de Hensen ou la turbination sont suffisantes. De même, la composition de l'ensemble peut sans inconvénient se donner par un pourcentage approximatif. Aller plus loin semble parfaitement inutile, surtout si l'on veut faire entrer ces recherches dans la pratique courante des études hydrologiques et au service des ingénieurs.

Peu d'organismes ont été aussi bien étudiés que *Crenothrix*,

parce qu'il n'y en a pas beaucoup qui peuvent devenir aussi gênants, au point de constituer une véritable calamité.

L'aspect ordinaire est celui de touffes d'à peu près un centimètre de long, d'un brun roussâtre, très faciles à désagréger. Sous le microscope, on voit que ces touffes sont composées de filaments, qui diffèrent de structure sur leur longueur. L'extrémité la plus mince est claire, hyaline et contient dans son intérieur une série de perles brillantes un peu allongées et placées bout à bout comme les grains d'un chapelet. Un peu plus bas, il y a une gaine enveloppante, qui devient de plus en plus épaisse et foncée en couleur. Plus bas encore, cette gaine épaisse et colorée paraît vide. L'analyse chimique a démontré que la couleur de la gaine est due à un dépôt d'oxyde de fer. Il n'y a pas, dans les tiges hyalines et dans les perles, à déceler aucune structure, notamment pas de noyau, distinct du protoplasme.

Nous avons donc affaire à un organisme qui n'a pas une vraie structure cellulaire et qui, malgré de grandes différences d'aspect, ressemble sous ce rapport aux Cyanophycées. La taille des filaments de *Crenothrix*, surtout comme épaisseur, est bien moindre que celle de la généralité des Algues bleues; le cloisonnement transversal du filament n'est pas si nettement indiqué. Tous ces caractères rapprochent des Microbes ordinaires, mais par rapport à ceux-ci, *Crenothrix* est beaucoup plus grand, même quand on compare ses grains isolés aux microbes individuels. Chez les Microbes, le stade en filament ou en chapelet paraît transitoire et de peu d'importance morphologique, si l'on peut s'exprimer ainsi; au contraire, c'est plutôt le filament qui constitue l'individu *Crenothrix*. En somme, nous avons ici un organisme qui semble tenir assez exactement le milieu entre les Microbes et les Cyanophycées, morphologiquement tendant plus vers les Algues, mais probablement physiologiquement tenant plus des Microbes, à cause de l'absence de chlorophylle et de sa préférence pour l'habitat obscur. Il semble bien établi qu'il peut se nourrir aux dépens de la matière organique dissoute dans l'eau et affectionne tout particulièrement les eaux ferrugineuses. Le filament s'accroît par un bout et au fur et à mesure de cette croissance, le protoplasme quitte les parties les plus vieilles et les plus épaisses de la gaine, parties qui restent alors vides.

Les perles dont nous avons parlé résultent d'une division transversale de la tige protoplasmique. Outre cette division transversale et en même temps qu'elle, il se produit, dans la partie un peu plus

large et plus basse du filament, aussi des divisions longitudinales, donnant naissance à des perles déjà beaucoup plus petites, mais dont la taille est encore diminuée par une ou deux divisions ultérieures.

Les grandes perles peuvent être comparées aux loges des Cyanophycées, aux cellules des Algues ordinaires. En tout cas, elles sont l'élément vital et physiologiquement actif. Winogradsky en a donné une démonstration fort probante. Il arrive que dans les parties jeunes, ces perles ou « cellules », au lieu de rester empilées, en contact, les unes sur les autres, se séparent et s'espacent, laissant entre elles des parties vides. A ce stade, la gaine enveloppante est encore hyaline; ce n'est que plus tard qu'elle se charge d'oxyde ferrique et se colore en brun. Or, ce dépôt ne se produit qu'au niveau des cellules et les parties vides des gaines restent incolores. Cette observation est très importante, car elle prouve plusieurs faits : d'abord, comme il vient d'être dit, l'activité physiologique de ces perles ou cellules; ensuite, que le dépôt d'oxyde ferrique n'est pas uniquement un phénomène purement chimique de précipitation, ou un phénomène purement physique d'absorption, de soustraction d'une substance dissoute par une « action de surface » d'un corps solide, comme par exemple, la clarification des liquides par fixation des matières colorantes sur le noir animal. C'est un phénomène physiologique, un résultat de l'activité vitale des cellules. Le *Crenothrix* vivant exerce une action chimique sur les sels organiques de fer, précipite le métal à l'état d'oxyde ferrique; mais des gaines vides, ou des gaines où les cellules ont été tuées, sont sans action. La démonstration est donc complète.

Les modes de reproduction et de multiplication ont été plus spécialement étudiées par Zopf, à la suite de la pullulation de *Crenothrix* dans la canalisation de Berlin en 1878. Le fait dominant est que chaque cellule peut se développer par allongement et division en un filament. Mais il y a quelques différences dans le mode de développement, suivant que l'on considère une des grandes perles, de taille ordinaire et normale, ou l'une des petites résultant de divisions transversales et longitudinales et des deux divisions ultérieures. Cette différence dans la taille et dans le mode d'évolution de ces deux éléments les a fait distinguer comme macrospores et microspores.

Les éléments cellulaires sortent par le bout du filament, se détachent, sont emportés par le courant et ainsi disséminés. Les macrospores s'allongent et se subdivisent. Remarquons dès maintenant que

cette évolution a tout les caractères d'un simple accroissement et n'offre aucune particularité spéciale. Parfois, au lieu de sortir par le bout extrême, il se produit des perforations latérales et la cellule au niveau de cette ouverture forme un filament en branche latérale. Ainsi peuvent se produire des touffes.

Les microspores aussitôt après leur libération se multiplient rapidement par des divisions répétées, les plans de séparation étant orientés dans toutes les directions et toutes ces cellules restant agglomérées. Il en résulte une masse sphérique que l'on pourrait, tout au moins pour l'aspect, comparer à la morule de l'embryologie animale. Après quelque temps, le mode de division cellulaire change, par le fait que les divisions ultérieures sont toujours parallèles ; il en résulte que chaque cellule donne naissance à un filament et que l'ensemble constitue une touffe normale de *Crenothrix*, ce qui nous ramène à notre point de départ et ferme le cycle. L'évolution des microspores montre certaines particularités et l'on pourrait même se demander s'il n'y a pas une sexualité ; mais la copulation des microspores entre elles ou d'une microspore avec une macrospore n'a jamais été signalée.

Dans l'amas résultant de la division d'une microspore, chaque élément est entouré d'une gaine, d'une membrane. Ces membranes se gélifient, confluent et constituent ainsi une enveloppe commune. La nature poisseuse de cette enveloppe a une grande importance pratique : elle permet la fixation. Ce n'est qu'après la fixation que se produit l'allongement de chaque cellule en un filament. L'enveloppe commune gélifiée a déjà un dépôt d'oxyde ferrique. Les macrospores ont du reste une gaine analogue qui permet également leur fixation.

Nous avons déjà indiqué le genre de vie spécial de *Crenothrix*; mais c'est ici surtout qu'une connaissance plus détaillée peut être d'une grande utilité pratique. L'expérimentation dans le laboratoire pour déterminer quelles sont les conditions favorables, quelles sont les conditions défavorables, tout en donnant des renseignements précieux, doit être complétée par l'étude de l'organisme dans la nature même. Il y a un moyen relativement simple d'arriver à des résultats. La répartition fort inégale dans les diverses catégories d'eaux, combinée avec la composition chimique de ces eaux, nous indiquera les préférences de l'organisme.

Les travaux du Service d'hygiène de l'État de Massachusetts sont, sous ce rapport, extrêmement importants. Les études ont porté sur 2,375 eaux, qui ont été classées en quelques catégories; nous connaissons leur composition chimique détaillée; et le rapport du biologiste G.-H. Parker nous donne la répartition, parmi ces eaux, de douze groupes d'organismes, parmi lesquels *Crenothrix*. (*Massachusetts Reports*, part I, 1890, p. 606.) Voici ce tableau :

			p. c.
Eaux du sous-sol :			
Puits forés, galeries profondes, etc.	323	39	12.1
Sources	24	3	12.5
Réservoirs couverts	34	9	26.4
— ouverts	163	2	...
Eaux superficielles :			
Étangs naturels	386	14	3.6
— artificiels	376	26	6.9
Réservoirs ouverts contenant : eau d'étangs naturels	14	0	...
— artificiels	112	3	...
— de rivières et de ruisseaux	190	12	6.3
— superficielle partiellement filtrée	57	0	...
Rivières	554	67	12.1
Ruisseaux	91	10	11.0
Eaux superficielles partiellement filtrées	51	21	41.2

Dans ce tableau, la première colonne de chiffres est le nombre de cas étudiés; la seconde donne le nombre de cas où *Crenothrix* a été constaté; la troisième donne le pourcentage. Cette dernière colonne est ajoutée d'après le travail de D.-D. Jackson, sur la précipitation de métaux par les Bactéries (1902), avec correction de quelques fautes d'impression.

Parker formule sa conclusion ainsi : « *Crenothrix* a été trouvé dans un nombre modéré de cas dans toutes les sortes d'eaux. Il était le plus fréquemment présent dans les eaux superficielles partiellement filtrées. » En effet, quand on examine la colonne des pourcentages, on voit que ces eaux tiennent la tête avec 41.2 p. c., à peu près la moitié. Mais il s'agit de savoir comment cette catégorie d'eaux a été constituée; il n'y a pas moyen de juger en parfaite connaissance de cause, la liste détaillée de répartition n'étant pas donnée. Mais dans la note de Stearns (*Suggestions*, etc., 1890) il est question de ces mêmes eaux « superficielles imparfaitement filtrées » et il y a

quelques exemples : ce sont des galeries peu profondes, creusées le long d'un cours d'eau ou d'un réservoir, se prolongeant même parfois sous le réservoir. Parker dit (p. 602), au sujet des eaux de cette catégorie, « qu'elles peuvent être considérées comme représentant une eau superficielle, laquelle par la filtration a été transformée en une eau du sous-sol, mais la méthode de filtration employée est trop imparfaite pour réaliser complètement cette transformation ou pour retenir entièrement beaucoup des algues les plus petites. » Si donc on transférait cette catégorie parmi les eaux du sous-sol, où elle est mieux à sa place, la conclusion pourrait se formuler tout autrement : le *Crenothrix* est incomparablement plus fréquent dans les eaux du sous-sol que dans les eaux superficielles.

Une des causes de cette plus grande fréquence semble résider dans l'absence de lumière, dans l'obscurité. Ce qui tend à le démontrer, c'est la grande différence dans le tableau entre les réservoirs couverts et les réservoirs à l'air libre, tous deux recevant des eaux du sous-sol. Pour cent soixante-trois réservoirs ouverts, il n'y en a que deux de renseignés comme donnant le *Crenothrix ;* tandis que sur trente-quatre réservoirs voûtés, il y en a neuf, et cette catégorie arrive en deuxième ligne, avec une fréquence de 26.4 p. c. La lumière exerce donc probablement sur cet organisme, intermédiaire entre les Microbes et les Algues, mais physiologiquement encore un Microbe, la même action inhibitrice qui a été reconnue pour la plupart des Microbes. Cette action n'est pas absolue, car le *Crenothrix* se rencontre aussi dans des eaux superficielles ; il se multiplie dans les réservoirs de décantation ouverts de Rotterdam, comme l'a constaté de Vries. Mais c'est aller, semble-t-il, un peu loin, que de déclarer, comme le font Stearns et Drown (*Massachusetts Report*, I. 1890, p. 780) « que ce n'est pas un organisme du sous-sol, comme on l'avait supposé jusqu'ici, mais qu'il est très généralement distribué dans les eaux superficielles ». La formule la plus raisonnable serait de dire que *Crenothrix* est essentiellement, mais non strictement, un organisme du sous-sol, ou un organisme phréatique.

La question de la nutrition est de la plus grande importance. Il y a à considérer la nature, la qualité de la nourriture, c'est-à-dire la composition chimique sous laquelle les éléments sont le plus aisément assimilables; et puis aussi la question de quantité.

Nous avons déjà parlé du mode de nutrition. Comme organisme

phréatique, le pouvoir de créer du protoplasme n'eût pas été impossible. Les organismes de Hellriegel et Wollfahrt, qui donnent aux plantes de la famille des Légumineuses la faculté d'utiliser et de fixer l'azote de l'air, pourraient être cités ici. Toutefois, pour *Crenothrix*, le fait n'est pas établi et semble peu probable. Mais déjà Parker, en 1890, faisait remarquer que cette Algue peut prospérer dans des conditions où des parcelles alimentaires ordinaires n'existent pas; c'est donc la matière organique dissoute que l'organisme peut soutirer à des solutions fort étendues, comme le sont la plupart des eaux naturelles. Les cas de développement dans des eaux imparfaitement filtrées dans le sous-sol s'expliquent quand on compare les analyses chimiques avant et après : il y a augmentation de matières organiques, les organismes et les impuretés en suspension dans l'eau de surface se logent entre les particules de terre, et le filtrage trop rapide, au lieu de purifier, contamine l'eau qui passe (p. 612).

Un autre exemple de quantité est fourni par la répartition de *Crenothrix* dans des lacs ou réservoirs : absent à la surface ou sous faible profondeur, l'organisme est parfois abondant sous une plus forte épaisseur d'eau, c'est-à-dire dans les couches où l'influence de la vase a enrichi le liquide en matières organiques et l'a appauvri en oxygène. Un bon exemple est Jamaïca Pond, du service des eaux de Boston (p. 763).

Winogradsky a cultivé *Crenothrix* dans une eau additionnée de 0.050 à 0.100 grammes de butyrate de chaux ou d'acétate de soude.

L'action du fer a donné lieu à plusieurs opinions discordantes et, comme conséquence, à beaucoup de discussion. Cohn a attribué au fer un certain rôle dans l'activité vitale de la cellule; on a considéré ce métal comme entrant dans la constitution de la chlorophylle, par exemple. Zopf, en 1882-1885, ne voulait voir dans l'accumulation de l'oxyde ferrique dans les gaines qu'un simple dépôt mécanique. Winogradsky avait voulu prouver, dans un travail de 1887, que les organismes sulfurés, principalement *Beggiatoa*, absorbent l'acide sulfhydrique, l'oxydent : $H_2S + O = H_2O + S$, et que le soufre ainsi séparé s'oxyde ultérieurement en SO_3. Or, toutes ces oxydations sont des réactions fortement exothermiques, et c'est à elles que l'organisme emprunterait son énergie vitale. Alors que la source de toute activité vitale chez les organismes est la combustion du carbone et de l'hydrogène de la matière organique, pour les Algues sulfurées, ce

serait l'oxydation d'un composé métalloïdique. L'année suivante, en 1888, Winogradsky trouvait dans *Crenothrix* un cas analogue. L'organisme retirerait de l'eau le bicarbonate ferreux, l'oxydation à l'état d'oxyde ferrique, également réaction exothermique, fournirait au moins partiellement l'énergie vitale. Il y a donc là une question d'une haute portée théorique.

Ces résultats ont été contredits par Molisch, de Graz, en 1892. D'abord, la couleur ne serait pas due exclusivement au fer. Ensuite, l'organisme se développe même en l'absence complète de fer. Du reste, il n'y a pas réellement absorption d'un composé ferreux, c'est-à-dire incorporation d'un pareil composé dans la cellule même, dans le protoplasme, car il prétend qu'on ne parvient pas à déceler la présence du métal dans la cellule par les réactifs chimiques. Pour lui, les portions gélitiées des gaines agissent comme filtre pour retenir le composé ferreux, le fixer par oxydation, de façon à empêcher son entrée dans la cellule même.

Le travail le plus récent est de Campbell Brown (1904); il est important comme ayant abordé la question du côté chimique et par l'expérimentation, et l'on doit d'autant plus regretter que l'auteur se soit borné à en donner un résumé pas très clair. Pour autant qu'on puisse saisir sa pensée et son mode de raisonnement, voici à quoi cela revient :

En premier lieu, le fer n'est pas un élément absolument nécessaire, car l'organisme se rencontre ou peut se cultiver dans des milieux d'où ce métal est absent; c'est donc une confirmation de Molisch. Mais parmi les cas cités par Brown, il y a celui d'une culture dans une infusion de foin, « simplement une infusion de foin où, naturellement, les organismes n'ont pas excrété du fer ». Si cette assertion implique, comme il semble qu'elle le doive, l'absence du fer, elle est assez étonnante, car les plantes contiennent plus que des traces de ce métal.

En second lieu, l'auteur s'est préoccupé de la forme sous laquelle le fer est assimilable et il n'admet nullement le rôle qu'on a voulu attribuer au composé bicarbonaté. Des eaux sans bicarbonate ferreux, d'autres sans aucun bicarbonate du tout, montrent le *Crenothrix*, et celui-ci se cultive difficilement « dans une solution très diluée de carbonate ferreux sans infusion de foin ».

L'auteur mentionne en passant une expérience consistant à ajouter à son infusion de foin des sels ferriques. Les gaines sont alors colorées

comme d'ordinaire. On comprend le but de cette expérience : l'addition d'un sel ferrique au lieu d'un sel ferreux supprime l'oxydation ultérieure et doit, par conséquent, invalider la conclusion de Winogradsky sur l'importance de cette oxydation comme source de l'activité vitale. Mais à la réflexion, cette expérience ne paraît pas si probante, car on entrevoit la possibilité pour l'infusion organique d'opérer une réduction partielle du composé ferrique, et le *Crenothrix* pourrait ainsi assimiler parfaitement un sel ferreux. Il eût été intéressant de comparer les sels ferreux et les sels ferriques avec et sans infusion organique. L'auteur ne semble pas y avoir songé.

Comme conclusion, Brown admet parfaitement l'absorption physiologique d'un composé de fer (il ne dit pas si ferreux ou ferrique) par la cellule. Ce composé est le sel d'un acide organique et c'est cette matière organique qui sert de nourriture à la plante. C'est la destruction physiologique de ce composé organique qui seul libère le métal, lequel est alors déposé dans l'intérieur de la masse gélifiée d'abord et non à sa surface (démontré par des observations microscopiques).

Tout cela semble avoir été soigneusement étudié et fort raisonnable; l'auteur n'a qu'un seul tort, c'est d'être un peu trop exclusif. Il était assez inutile, par exemple, de rappeler que Winogradsky a écrit son travail de 1888, encore étudiant et comme thèse de doctorat; cela ne change absolument rien à la valeur intrinsèque du travail. Le reproche de conclusion prématurée (*somewhat rashly*), pour l'importance attribuée à l'oxydation du composé ferreux comme source d'énergie, devrait en tout cas être fortement atténué, le travail sur *Crenothrix* venant après celui sur *Beggiatoa*. L'utilité fort plausible d'un composé organique comme aliment, n'exclut nullement une action adjuvante de l'oxydation du sel ferreux, et c'est probablement ainsi que les choses se passent dans la nature. Un argument qui aurait plus de valeur contre la thèse de Winogradsky, c'est que le dépôt d'oxyde ferrique est, non dans la cellule, comme inclusions du protoplasme, comme le soufre chez *Beggiatoa*, mais uniquement dans la gaine.

Comme conclusion, on peut dire que partout où l'eau renferme une quantité un peu notable de matières organiques et de fer, les conditions favorables à la pullulation de *Crenothrix* sont réalisées et l'on peut s'attendre à le voir tôt ou tard en profiter. L'importance de ce rôle sera facilement saisie, quand on se rappelle que la formation

de dépôts considérables d'oxyde de fer sous forme de limonite a été attribuée à *Crenothrix* ou à son analogue *Leptothrix*; c'est le *Rasen-Eisenerz* des Allemands, le *bog-iron* des Anglais; les dépôts de la Campine n'auraient pas d'autre origine.

Au point de vue pratique, le fer dans les eaux est cause de nombreuses difficultés. Comme exemple, on peut donner un aperçu sommaire de l'histoire de Berlin. La distribution générale date du printemps de 1856; une société anglaise alimentait avec l'eau de la Sprée filtrée au Stralauer Thor. Avec l'année 1874, le service fut municipalisé et on résolut des agrandissements. Mais comme l'eau de la Sprée devenait plus mauvaise d'année en année, à cause de l'accroissement de la population, on fora des puits près du lac de Tegel. Cette eau du sous-sol donna le *Crenothrix* en 1877 et on décida de l'abandonner pour filtrer les eaux du lac Tegel en 1884, bientôt supplémentées par les eaux du lac Müggel. Mais la population augmentait aussi dans ce district; on construisait beaucoup, et les égouts et les fabriques contaminaient les eaux. Il est évident que faire de l'hygiène de cette façon doit avoir pour premier résultat de rendre inutilisables les rivières et les lacs. On revint donc aux eaux du sous-sol, mais en les aérant pour précipiter le fer et en employant les filtres à sable pour retenir l'oxyde précipité. Le 1er novembre 1902, la station de Tegel a fermé sa prise d'eau dans le lac.

Cet emploi des eaux phréatiques après déferrisation est, depuis quelques années, le système préconisé par le *Gesundheitsamt* de l'Empire. Le principe est excellent. Avec des précautions faciles à réaliser, l'eau dans les couches tertiaires meubles peut être obtenue pratiquement stérile, ou, du moins, donnant toute sécurité au point de vue hygiénique. Tout le reste n'a plus d'importance. Le filtrage, notamment, au lieu d'être une opération essentielle et délicate, devient chose accessoire, la simple rétention mécanique d'un précipité. Dans ces conditions, il n'est que juste que pour de nouvelles installations, on donne toujours, quand c'est possible, la préférence à ce mode d'alimentation. Mais c'est évidemment quelque peu d'exagération que de vouloir l'appliquer partout et remplacer des installations de filtrage d'eaux superficielles, marchant à la satisfaction de tous.

Bon nombre de villes allemandes appliquant depuis plusieurs années la déferrisation, nous devrions trouver là des renseignements sur la nature du composé métallique, sur le mode de combinaison du fer. Il n'en est rien. Au Congrès des ingénieurs de gaz et d'eau à Dusseldorf en 1902, la question a été soulevée à la suite de la description de la distribution d'eau de Tilburg, en Hollande, par Halbertsma, et d'une communication sur la transformation à Berlin. Il y a eu un défilé d'ingénieurs, venant raconter leurs petites misères. Chez l'un, le fer se précipite facilement, mais dans plusieurs cas il fait des façons; d'autres fois, le précipité est si fin qu'on a toutes les peines du monde à le retenir par un filtrage au sable. Ou bien, des Microbes se mettent sur les copeaux de bois sur lesquels on fait ruisseler l'eau pour l'aérage. Il y avait cependant un homme satisfait : le fer se précipitait en gros flocons avec du carbonate de chaux; il déferrissait et décalcifiait; par simple décantation l'eau devenait claire, il ne filtrait que par surcroît, et tout cela allait tout seul.

A première vue, il n'y a pas moyen de se reconnaître dans ces renseignements discordants. Mais tout s'explique quand on prend en considération que le fer se présente en combinaison avec des substances différentes, pour former des sels inégalement stables, dont les uns se laissent facilement décomposer, tandis que les autres opposent plus de résistance. Théoriquement, on peut prévoir que le sel le plus maniable sera le bicarbonate ferreux, car la simple exposition à l'air suffit pour opérer une dissociation, le départ de l'excès d'acide carbonique et l'oxydation de l'oxyde ferreux. C'était évidemment le cas pour l'eau citée en dernier lieu où il y avait aussi du bicarbonate calcique. Mais ces eaux ont l'inconvénient de donner un précipité très fin; elles sortent du sol parfaitement incolores; au bout de quelques heures, elles prennent une opalescence bleuâtre, surtout visible par réflexion ou quand on regarde latéralement le tube qui les contient : c'est le bleu du nuage naissant de Tyndall, indice de l'extrême ténuité des particules. Le filtrage est insuffisant; la décantation ne fait rien ; cette eau reste bleuâtre pendant des mois. Ce qui facilitait si extraordinairement l'opération dans le cas cité, c'est la formation concomitante de carbonate de chaux plus grossier, enrobant ou attachant les particules d'oxyde ferrique. C'est un procédé analogue à celui des laboratoires, où pour filtrer le fin précipité de sulfate de baryte, on produit en même temps le gros précipité de chlorure d'argent.

Si on considère maintenant théoriquement un autre cas extrême, par exemple la combinaison du fer avec un des acides minéraux forts, on comprend que, la dissociation ne se faisant pas dans ces conditions, il n'y aurait pas moyen de se débarrasser du fer. Mais dans la pratique, ces cas ne se produisent pour ainsi dire pas. Bien au contraire, le sulfate de fer et le chlorure ferrique sont employés en grand pour décolorer les eaux tourbeuses ; le sel réagit sur les carbonates, l'acide fort se combine à la chaux et l'oxyde ferrique est libéré.

Les acides organiques occupent une situation intermédiaire. Dans les traités un peu complets des analyses d'eau, on mentionne des acides humique, ulmique, géique, crénique et apocrénique; quelquefois, il en est en même temps question dans des bulletins d'analyse, mais un dosage réel est très rarement fait. Du reste, ces composés sont fort imparfaitement connus et on ne sait même pas si oui ou non, ils contiennent de l'azote. On admet, probablement avec raison, que le fer est souvent combiné à ces acides, que le métal se sépare par oxydation à l'état ferrique et qu'ensuite cet oxyde ferrique brûle à son tour la matière organique, passe à l'état ferreux, redevient oxyde ferrique par l'oxygène de l'air et agit ainsi comme véhicule de l'oxygène.

Cette action est possible et même probable. Les ménagères savent que les taches de rouille rongent le linge. Mais ces oxydations sont assez lentes ; même avec le permanganate et l'acide sulfurique, pour le dosage des matières organiques, on maintient l'ébullition pendant dix minutes. Or, des expériences directes avec de l'oxyde ferrique montrent une action considérable sur les matières organiques, mais une action fort rapide. Quand on traite une eau jaune ou brune par de l'oxyde ferrique précipité et soigneusement lavé, il suffit de secouer pendant une couple de minutes, puis de filtrer rapidement au papier pour enlever 80 p. c. des matières organiques et obtenir une eau absolument claire et transparente, qui a la teinte bleue (par transparence) de l'eau distillée. Cette action est trop rapide pour être une destruction par oxydation, une combustion. L'explication probable est autre : une soustraction par adhérence, ou influence de surface ou absorption de la matière organique colorante, semblable à celle du noir animal. Ce qui tend à le démontrer, c'est que l'alumine précipitée a le même effet; et ici on voit clairement que la matière colorante a été fixée sur le précipité, car de blanc pur, il devient

jaune. Le traitement enlève aussi du fer ; après agitation avec l'oxyde ferrique, il y a moins de fer dans l'eau filtrée que dans l'eau primitive. Ce résultat peut paraître paradoxal, mais s'explique d'une façon bien simple. Les actions d'absorption, dites de surface, agissent sur les substances dissoutes à poids moléculaire élevé; ces substances sont pour ainsi dire soutirées telles quelles à la solution, sans changement chimique; si maintenant cette substance est le sel ferreux d'un acide organique, comme il n'y a pas de décomposition, le métal sera fixé sur la substance absorbante en même temps que l'acide auquel il est combiné. Il est probable que dans les installations de déferrisation, il y a la double action oxydante et absorbante et comme cette dernière doit être proportionnelle à la quantité de substance absorbante, plus les appareils se chargent d'oxyde ferrique, mieux ils devront travailler. Il serait intéressant de savoir si la pratique confirme ces déductions théoriques et si les appareils montrent une efficacité croissante. Quant à la partie organique, on n'aurait pas à craindre son accumulation, car ici on pourrait invoquer l'action destructive reconnue de l'oxyde ferrique.

Si *Crenothrix* n'est pas plus fréquent, si la plupart des distributions en sont exemptes, c'est qu'il faut à la fois l'organisme, une certaine quantité de matériaux nutritifs et du fer. Cette triple coïncidence est, en somme, rarement réalisée et notamment ne se produit jamais avec un bon filtrage au sable. L'histoire de Rotterdam, loin de contredire cette assertion, vient au contraire la confirmer; car toutes les opérations qui devaient améliorer la qualité, en réalité, étaient autant de causes de contamination. Les bassins de décantation, au lieu de soustraire des matériaux en suspension, en ajoutaient; c'est ce que de Vries a démontré par l'observation directe : des toiles de flanelle barrant le canal de sortie des bassins de décantation se chargeaient de beaucoup plus de substances que des toiles semblables placées à l'entrée. L'abondante faune fixée enlève bien quelque chose, mais, par contre, donne ses parties détachées ou mortes et ses excréments. Une bonne partie de l'effet rétenteur du filtre à sable est annihilée par la non-étanchéité des canaux conduisant les eaux purifiées. Il est plus que probable que, pendant ces années, le filtrage n'a pas diminué la teneur en matières organiques, mais l'a peut-être augmentée. Des analyses de la rivière et de l'eau filtrée, permettant une comparaison directe, paraissent ne pas avoir été faites. Pour

démontrer l'action nocive du filtrage, de Vries s'est fort habilement servi des seules analyses de l'eau filtrée; de 1877 à 1888, la teneur de cette eau en matières organiques est constamment allée en augmentant, mais surtout pour les mois d'été. Pour le mois de juin, les quatre moyennes triennales pour le permanganate réduit sont, en milligrammes, par litre : 3.6 — 4.0 — 4.1 — 5.9. Il est fort peu probable que la rivière montre une pareille augmentation.

Le cas de Liverpool est également très intéressant. Quand la première distribution d'eau a été établie, on a barré une vallée au nord de la ville, à Rivington. Au pied du barrage, on a établi des filtres à sable. Plus tard, pour parfaire à l'insuffisance de l'installation de Rivington, on a créé un lac beaucoup plus considérable, le barrage de Vyrnwy, dans le pays de Galles. On a également installé des filtres, mais non près du barrage; ils ont été placés à Oswestry, à une trentaine de kilomètres. Le tuyautage conduit donc sur cette longueur de l'eau du lac et puis, sur une distance à peu près double, de Oswestry à Liverpool, de l'eau filtrée. Il n'y a jamais eu d'ennui avec cette dernière section ; mais la section recevant directement l'eau du lac a été cause de beaucoup de difficultés.

En effet, au bout de quelques années, on constata une diminution du débit; le tuyau ne donnait plus une quantité suffisante. L'examen direct montra que tout le tuyautage était recouvert à l'intérieur d'une couche mucilagineuse. On se décida à procéder à l'opération fort dispendieuse d'un nettoyage général par brossage. L'opération était terminée en novembre 1898 et avait ramené le débit à 75,000 mètres cubes par vingt-quatre heures. Mais en juin 1900, ce débit était retombé à 63,400 mètres cubes, soit en un an et demi une perte de 15 p. c. On s'est remis à brosser une partie du tuyautage et l'on a obtenu 4,500 mètres cubes de plus. Mais en octobre 1901, on était de nouveau descendu à 62,500 mètres cubes. On a rebrossé et le brossage est maintenant une institution, pour laquelle on a fait des installations permanentes.

J'ai eu l'occasion d'examiner, en septembre 1900, un échantillon du dépôt. Il a l'apparence d'une pâte tourbeuse noire, comme du cirage. Au microscope, la plus grande partie de la masse est sans aucune structure; on dirait un précipité amorphe; mais de temps en temps on trouve un filament de *Crenothrix*, une gaine vide imprégnée d'oxyde ferrique. Il y a aussi quelques Diatomées, notamment

Aulacosira distans, quelques petites Navicules, et *Asterionella formosa;* mais rien de vivant, seulement les carapaces vides, assez usées, ce qui rend les déterminations difficiles. Ce qui est remarquable c'est l'absence de toute trace de Bryozoaires, et les auteurs qui ont étudié sur place, Campbell Brown et Rubert Boyce, ne signalent pas non plus ces organismes. Il est regrettable que jusqu'ici, on n'ait pas fait examiner aussi par un zoologiste compétent, pour faire constater convenablement les faits d'ordre biologique.

J'avais interprété comme suit les quelques observations microscopiques : dans certaines conditions de température et de composition chimique des eaux (abondance de matières organiques dissoutes et de fer), il y a croissance de *Crenothrix* dans les tuyaux. Les masses, avec leur enveloppe gélifiée arrêtent les débris flottants, les capteraient pour ainsi dire ; ainsi s'expliquerait la présence d'*Asterionella*. Peut-être y a-t-il également enlèvement des substances organiques dissoutes par adhérence ou absorption, ce qui expliquerait la grande proportion de matière amorphe.

Les études de Campbell Brown et de Rubert Boyce, déjà citées, ont apporté la confirmation de ces vues. En sa qualité de chimiste, M. Campbell Brown a pris en considération la possibilité qu'un pareil recouvrement du tuyau ait pu se faire soit comme un dépôt mécanique par voie de sédimentation, soit comme un précipité chimique. La première hypothèse, la sédimentation, doit être écartée parce que le dépôt n'obéit pas à la pesanteur, il n'est pas uniquement au fond, mais garnit le tuyau sur toute sa surface interne, aussi épais en haut qu'en bas. La précipitation par voie chimique est acceptée pour le manganèse, présent dans certaines parties du dépôt en quantité assez notable. Mais pour l'oxyde de fer, l'auteur invoque l'action biologique. C'est qu'il a pu suivre la croissance de ce dépôt à partir du premier début; il décrit cette croissance comme suit :

« Il se forme de petites masses gélatineuses, qui vont s'agrandissant à la surface interne du tuyau. Dans cette gelée, il y a des centres de croissance ; plus tard, il y a des filaments qui s'allongent et s'enchevêtrent. Les portions vieilles de ces filaments deviennent droites et se constituent une gaine, dans laquelle se forme un dépôt ferrugineux, qui va s'épaississant. Je pense qu'il finit par tuer cette portion du filament. Il est certain que le bout s'accroît en un fil saillant, tandis que le reste devient une masse roussâtre de gaines ferrugineuses enchevêtrées. »

Quand on se reporte à ce qui a été dit du développement de *Crenothrix*, on n'a aucune peine pour déterminer cette description. L'organisme a été observé au début du stade fixé. Les « centres de croissance » ne peuvent être que les amas cellulaires, provenant de la division des spores dans tous les plans. Le changement du mode de croissance par l'allongement de chaque cellule en filament a été exactement observé. Il ne semble donc pas y avoir de doute possible sur l'identification de l'organisme de Liverpool avec celui étudié par les auteurs allemands. M. Campbell Brown, pourtant, a des doutes. Il déclare « ne pas exprimer d'opinion au sujet du nom spécifique. La nomenclature est dans un état chaotique ou plutôt dans un état de transition. Les affirmations des auteurs allemands d'il y a dix ans sont tout à fait erronées et probablement abandonnées; telle est, par exemple, l'affirmation que ces organismes vivent aux dépens du carbonate ferreux. »

Ce passage est extrait du rapport de Liverpool pour l'année 1901 (p. 42 et 47). Dans sa communication de 1904 à l'*Institution of Civil Engineers* (p. 11), il semble avoir quelque peu modifié son opinion. Il cite le *System der Bacterien* de Migula (1898-1900) comme le meilleur travail sur et la meilleure classification de ces organismes, et se rallie à la dénomination de *Chlamydothrix*. Mais dans son *Compendium der bakteriologischen Wasseruntersuchung* de 1901, Migula mentionne parfaitement dans la famille des Chlamydobactériacées, à côté de *Chlamydothrix*, le genre *Crenothrix*. Et il ressort clairement des descriptions de Brown qu'il a trouvé à Liverpool les deux genres. Il n'est pas bien parvenu à se retrouver dans la complication de la synonymie. Ce département de la botanique cryptogamique n'est pas un idéal de clarté et présente bien des lacunes et bien des imperfections; mais c'est pourtant aller un peu loin que de vouloir faire table rase et de balayer tout du revers de la main. Les « affirmations des auteurs allemands d'il y a dix ans » ne sont pas tellement fautives. M. Campbell Brown, en sa qualité de chimiste, leur impute à crime le « carbonate ferreux », alors que ce serait un sel organique; le forfait ne mérite pas la peine capitale; c'est, du reste, une question de physiologie, sans rapport avec la morphologie ou la systématique. M. Rubert Boyce, qui est, lui, biologiste, apprécie plus sainement la situation et accorde aux travaux allemands la valeur qu'ils méritent.

Le rapport de M. Boyce est beaucoup plus court. Le chimiste ayant fait des incursions dans le domaine du biologiste, celui-ci se trouvait condamné à des répétitions; il ne lui restait plus qu'à glaner.

M. Boyce a étudié non seulement le dépôt dans les tuyaux, mais aussi le dépôt dans le lac, recueilli au moyen d'une pompe placée sur un bateau. Il signale l'absence d'algues vertes, probablement comme conséquence, dit-il, de la composition spéciale de l'eau. Mais le dépôt de l'un des filtres d'Oswestry, que j'ai examiné en décembre 1900, était remarquable par le développement des Desmidiées, algues vertes, spécialement les genres *Staurastrum* et *Closterium;* il est vrai que les autres algues vertes étaient très rares. Les Diatomées de ce filtre étaient également spéciales : *Amphora*, *Tabellaria fenestrata* et beaucoup d'*Asterionella;* j'ai même demandé si ce filtre n'avait pas donné de l'eau avec un mauvais goût.

Un fait singulier, mais sur lequel les observations ne laissent pourtant aucun doute, est que la masse gélifiée constituant la gaine semble s'accroître indéfiniment avec l'âge; elle est nettement plus épaisse et plus abondante sur les vieux fragments brisés et morts.

M. Boyce donne ensuite un résumé du mode de formation probable du dépôt. Son opinion concorde dans les grandes lignes avec celle de Campbell Brown et avec ce que j'avais dit moi-même en 1900. J'avais fait intervenir des conditions de température, c'est-à-dire des influences saisonnières. Il ne paraît pas qu'aucun des deux auteurs aient considéré ce côté de la question. A en juger par la diminution rapide du débit du tuyau, on pourrait conclure que l'influence de la température ne s'est pas fait sentir. Mais dans les travaux du service d'hygiène de Massachusetts, comme le rappelle M. Jackson, cette influence saisonnière a été très nette, montrant un énorme maximum en juin. Il y aurait un moyen bien simple de vérifier : c'est de faire la courbe des diminutions de débit du tuyau entre Vyrnwy et Oswestry et de voir si elle ne s'élève pas en été.

Une fois en possession de ces deux rapports, M. Parry pouvait apprendre que son tuyau était obstrué, ce que, malheureusement pour lui, il ne savait déjà que trop bien; mais il apprenait également pourquoi, et cela devenait plus intéressant. Mais ce qu'il lui importait le plus de savoir, c'est comment éviter ce dépôt. M. Campbell Brown et M. Rubert Boyce ont donc formulé des « conclusions pratiques ».

Voyons, de notre côté, avec les éléments d'information dont nous disposons, quelles pourraient bien être les mesures pratiques à recommander. Nous aurons ainsi une norme de comparaison et nous pourrons émettre une appréciation raisonnée sur ce que proposent les experts.

Tout d'abord, il y a un fait de la plus grande importance et nettement établi : en aval d'Oswestry, il n'y a plus de croissance dans les tuyaux ; il y a bien encore la corrosion ordinaire, le phénomène chimique, mais l'action biologique est supprimée ; il n'y a plus de matières gélatineuses. C'est avec infiniment de raison que M. Campbell Brown met ce fait en première ligne, comme pour servir de point de départ.

Mais le raisonnement prend un tour imprévu. La relation de cause à effet avec l'action des filtres paraît évidente ; elle est formellement niée par l'auteur. Il importe de spécifier comment M. Campbell Brown a pu arriver à une pareille conclusion. On sait que les plans primitifs de M. Parry prévoyaient des installations spéciales pour faire passer l'eau à travers des écrans de toile métallique à la sortie du lac de Vyrnwy ; ce tamisage avait une assez grande importance dans l'opinion de M. Parry ; mais on ne doit pas demander à cette opération plus qu'elle ne peut donner. Seulement, les ingénieurs anglais ne lâchent pas facilement une idée et ainsi s'explique le fait d'expériences prolongées avec des tamis de différents numéros. Or, M. Campbell Brown, dans le cours de ses expériences, a constaté que le tamisage le plus parfait n'empêche pas la formation de gelée dans les tuyaux ; et pourtant, dit-il, « les tamis retenaient toutes les particules visibles et ne livraient passage qu'à l'eau seule ». On voit que le raisonnement consiste à identifier le filtre avec ces écrans de toile métallique. Cela me rappelle un inventeur de filtres domestiques (trois petits tamis superposés en soie de bluttoir) prétendant arrêter les microbes ; j'ai acheté un de ces appareils et muni d'un entonnoir, il me sert de filtre à plankton ; il est excellent pour cet usage.

Si ce ne sont pas les filtres d'Oswestry, quelle est donc la cause de l'immunité des tuyaux d'aval ? Cette question était trop naturellement indiquée pour ne pas s'être posée à l'esprit de l'auteur, d'autant plus que dans les expériences spéciales, la même immunité après filtrage a été constatée ; il y répond, mais sa réponse n'est pas très claire. Il semble faire une distinction entre l'action purement mécanique de rétention des filtres et les « changements se produisant dans les filtres d'Oswestry ». Ces changements sont l'objet d'une investiga-

tion spéciale qui n'est pas encore terminée et sur laquelle aucun détail n'est donné; mais on peut plus ou moins inférer de quoi il s'agit par ce qui suit : « Je ne veux pas ici mentionner les théories que je me suis faites et qui ne sont pas complètement prouvées; mais je puis dire qu'il est établi qu'une bonne partie de la couleur de l'eau de Vyrnwy est due à un composé organique de fer soluble dans l'eau et non à de la tourbe, comme on le croit vulgairement. Je crois que les organismes vivent aux dépens de ce composé organique. » Or, le filtrage, outre son action mécanique, a une action chimique : il diminue généralement de 40 p. c. les matières organiques et améliore la couleur. Cet effet est même très marqué à Rivington, et étant donné les conditions assez sommaires du filtrage, le fait m'avait frappé dans une visite à Rivington avec l'ingénieur américain Allen Hazen en septembre 1896; je soupçonne que la teneur en manganèse du sable (il est plutôt noir) est pour beaucoup dans ce résultat. Ce changement dans les filtres auxquels l'auteur fait allusion n'est donc probablement pas autre chose qu'une réduction partielle des matières organiques. Et cela influe notablement sur la croissance du *Crenothrix*, comme l'a démontré de Vries à Rotterdam; c'est un fait reconnu que l'amélioration de l'eau pour les matières organiques, par un filtrage soigné, est le moyen le plus pratique pour se débarrasser du *Crenothrix*, qui disparaît promptement. On peut donc reconstituer avec un certain degré de probabilité les idées qui semblent guider M. Campbell Brown. Les résultats de ses recherches publiés jusqu'ici sont intéressants en ce qu'ils démontrent que les choses à Liverpool ne sont qu'un cas particulier de ce qui avait déjà été constaté ailleurs à plusieurs reprises et depuis longtemps. Les nouvelles recherches apporteront-elles plus d'inédit? La compréhension des phénomènes d'ordres très divers qui se passent dans ce filtrage est certes loin d'être complète, mais M. Campbell Brown me semble un peu trop sous-taxer les connaissances déjà acquises; comme pour la partie botanique, il fait trop bon marché des travaux étrangers; il dit avoir compulsé une vaste littérature allemande et italienne (?), mais « avoir dû rectifier les observations d'auteurs étrangers ».

On ne sera donc pas surpris de voir le filtrage disparaître de ses recommandations pratiques. Il recommande en premier lieu, un goudronnage parfait des tuyaux, en second lieu, une neutralisation par la chaux (les eaux de Vyrnwy ont une acidité correspondant à 0.0038 gramme de carbonate de soude) aussi exacte que possible,

« avec ou sans filtrage préliminaire et aussi près du lac que possible. L'emploi de la chaux en proportions exactes est extrêmement désirable, parce que je n'ai pas confiance dans la permanence de l'immunité obtenue par le seul filtrage, aussi longtemps que le composé acide demeure dans l'eau, tandis que les autres avantages d'une neutralisation par la chaux sont en eux-mêmes considérables. J'appelle le temps où le gouvernement rendra obligatoire la neutralisation de l'eau pour l'alimentation publique ». Enfin, la troisième et dernière recommandation est l'aérage de l'eau.

On le voit, la chimie reprend un peu plus que ses droits, et M. Campbell Brown est quelque peu féru de l'idée de neutralisation par la chaux. Il estime que peut-être ce traitement tuerait l'organisme cause du trouble, précipiterait le fer, diminuerait la corrosion et empêcherait l'attaque du plomb des petits tuyaux de conduite. Les inconvénients d'une eau acide ne sont certes pas à négliger, mais il ne faut pas nécessairement employer la chaux; il suffirait probablement de fournir le calcaire sous la forme vulgaire de marbre, de pierre bleue ou de craie. M. Parry a fait des séries d'expériences avec des filtres formés de sable artificiel, par broyage de roches siluriennes. A-t-il songé à mélanger du calcaire, par exemple sous la forme de coquilles, comme on le fait dans plusieurs installations en Hollande? Le remède serait très simple et probablement efficace; en tout cas, l'expérience vaut la peine d'être tentée. On pourrait mettre de la craie dans la tour de sortie de l'eau du lac.

Les conclusions de M. Rubert Boyce sont fort différentes de son collègue chimiste. Le filtrage au sable vient en toute première ligne, « une longue expérience ayant prouvé que c'est un des moyens les plus efficaces pour enlever les particules en suspension »; puis en seconde ligne, le tamisage. Quant à la couleur dissoute, l'aérage par ruissellement sur du coke ou par « une pluie de quelques mètres de hauteur » ou l'addition de chaux comme précipitant ou d'agents puissants d'oxydation tels que l'ozone ou l'eau ozonisée, ou le filtrage sur un matériel oxydant, pourraient débarrasser l'eau de la couleur.

De tout cela, M. Parry ne retient rien. « Je ne crois pas nécessaire, dit-il, de recommander un traitement chimique quelconque de l'eau et je suis convaincu que par une installation convenable, combinant le tamisage et le filtrage, l'eau peut être introduite dans la canalisation dans un état qui diminuera considérablement, s'il n'empêche pas entièrement tout dépôt ou croissance. » N'insistons pas sur les écrans

en toile métallique; leur installation ne sera pas une grande dépense, ils peuvent faire quelque bien et ne peuvent pas faire de mal. L'important, c'est d'avoir des filtres, et aussi près que possible du lac; M. Parry insiste sur cette condition.

Un travail de D. D. Jackson (1902) présente la question de la précipitation des métaux sous un jour nouveau. Il y aurait trois espèces de *Crenothrix*, lesquelles, outre quelques différences morphologiques assez minimes, seraient caractérisées par le métal qu'elles peuvent précipiter. *C. Kühniana*, l'espèce la plus commune, précipiterait le fer; elle serait la plus répandue, pour la raison bien simple que le fer serait le métal le plus fréquent dans les eaux. La seconde espèce est l'ancien *Leptothrix ochracœa*, le *Chlamydothrix* de Migula, etc.; il précipiterait de l'hydrate d'alumine et serait par conséquent blanc, si en même temps il ne précipitait un peu de fer. Enfin, une troisième espèce est brun foncé ou noire par le manganèse et a été dénommée par l'auteur *C. manganifera*.

Les faits sur lesquels ces conclusions sont basées sont des analyses de dépôts : 1° dans une galerie parallèle à la Ipswich River à Reading, Mass.; 2° dans une galerie près de Charles River, Newton, Mass.; 3° dans des puits forés à Ocoone, Brooklyn, N. Y. Voici ces analyses, dans leur ordre d'énumération :

Oxyde ferrique Fe_2O_3	31.6	14.4	14.7
Oxyde manganique Mn_2O_3	0	33.9	0
Alumine Al_2O_3	5.7	1.5	33.3
Silice SiO_2	11.1	12.5	5.9
Silicate d'alumine	10.4	8.0	7.6
Autres matières minérales	4.2	1.8	2.3
Matières minérales totales	63.0	72.1	63.8
Matières organiques	37.0	27.9	36.2
	100.0	100.0	100.0

Il résulte de ces analyses que le fer, le manganèse et l'alumine constituent respectivement dans ces trois échantillons, un tiers de la matière minérale; que le fer dans le résidu au manganèse et dans celui à l'alumine, est aussi présent pour un peu moins de 15 p. c.; que le manganèse est absent dans le résidu au fer et dans celui

à l'alumine, et caractérise donc fort nettement *C. manganifera*. Les autres éléments ne donnent pas lieu à observations.

Nous avons aussi l'analyse détaillée des eaux ayant donné ces dépôts. Ces analyses sont dans le même ordre (parties par million ou milligrammes par litre) :

Fe_2O_3	3.1	0.2	0.3
Mn_2O_3	0	2.0	0
Al_2O_3	0.6	0.5	2.0
SiO_2	22.6	10.4	22.9
$CaCO_3 + MgCO_3$	24.0	12.0	98.0
$CaSO_4 + MgSO_4$	8.0	16.0	1.0
NaCl	5.3	7.8	7.5
Indéterminé	3.5	3.3	2.2
Minéraux : total	67.1	52.2	133.9
Matières organiques	22.4	5.8	21.1
Résidu : total	89.5	58.0	155.0

Il y a une relation évidente entre la composition de ces eaux et l'oxyde prédominant du dépôt. Cette relation semble à première vue assez démonstrative : chacune de ces eaux a, de par sa composition, favorisé la croissance de la forme spécifique appropriée. Mais il y a une autre interprétation possible : une même espèce (car les différences morphologiques sont assez faibles) peut se plier à des conditions variées et précipitera alors le métal prédominant dans l'eau. L'auteur n'a pas formulé cette objection, mais il a senti que sa thèse de la spécificité des formes devait encore être appuyée d'autres arguments.

Il a eu recours à des cultures. Le type *Kühniana* ferrophile a été cultivé sur un substratum de gélatine et agar avec sulfate ferreux, dans une atmosphère d'hydrogène. La croissance a été faible, mais les organismes paraissaient normaux; seulement il n'y a eu que peu de fer précipité, ce qui a été attribué au manque d'oxydation.

Les expériences furent reprises dans une atmosphère d'air et d'acide carbonique, le substratum ayant reçu du sulfate ferreux et du sulfate manganeux. La végétation « n'était pas très luxuriante, mais suffisante pour montrer que l'organisme précipitait peu de manganèse, mais choisissait le fer. » La même chose se produisait dans les solutions liquides. Au contraire, avec le type *manganifera* « les végéta-

tions quoique minimes, montraient la couleur foncée du manganèse dominant dans le précipité. »

Des expériences avec *C. ochracea* n'ont pas été faites, mais l'auteur estime qu'elles auraient donné le même résultat ; il rappelle que parmi les centaines d'eaux qui ont été examinées, jamais on n'a trouvé cette espèce donnant un précipité avec fer ou manganèse dominant ; et que réciproquement *C. Kühniana* a toujours le fer dominant et jamais le manganèse ou l'alumine.

Jackson conclut donc à la spécificité d'action. La fréquence de la forme ferrophile a déjà été expliquée. La rareté des deux autres espèces est attribuée au fait que, les eaux ne contiennent d'ordinaire pas l'alumine sous la forme assimilable de sulfate ou de carbonate avec matière organique, et que le manganèse est rarement en quantité suffisante. Il considère que dans la nature, ces métaux sont combinés avec de la matière organique et qu'ils entrent en solution sous une influence réductrice. Ces matières organiques sont l'aliment, les oxydes précipités dans les gaines, les résidus de la nutrition. Il se rencontre donc ici avec Campbell Brown.

En admettant l'exactitude des faits et des interprétations de Jackson, il y a à faire plusieurs remarques d'une certaine portée théorique. L'intervention comme source d'énergie vitale de l'oxydation d'un sel au minimum (Winogradsky) peut s'appliquer au manganèse comme au fer, mais non à l'alumine, car il n'existe pas de composés alumineux AlO analogues à FeO.

Un des résultats les plus curieux des dragages en mer profonde du *Challenger* a été la découverte de nombreux nodules de manganèse dans la vase ; certains coups de drague en ramenaient par centaine. Ils sont généralement concrétionnés autour d'un objet organique, par exemple un tympanique de Cétacé. Comme pour tous les autres dépôts, on a essayé de donner des réactions chimiques dont le dépôt serait le produit. On a ainsi suggéré plusieurs modes de formation du carbonate de chaux, par exemple Steinmann pour les coquilles de Foraminifères. Mais ce sont tout au plus des possibilités chimiques, parfois peu probables. Ces formules de réactions ont été risquées par des zoologistes ou des paléontologistes, tandis que les chimistes s'abstiennent. Et il est tout à fait caractéristique que dans les *Deep Sea Deposits* du *Challenger*, de pareilles hypothèses sont l'œuvre exclusive de Murray, le zoologiste, auquel, dans une note, Renard, le minéra-

logiste, laisse toute la responsabilité. Le travail de Jackson permet de considérer aussi comme possible une action biologique, par un organisme mangonophile. La présence si fréquente d'un objet organique au centre de ces nodules se comprendrait aisément comme ayant fourni le substratum approprié pour une riche végétation de moisissures.

Le *Crenothrix* a fait l'objet de quelques travaux publiés dans des journaux techniques de chimie et d'hydrologie appliquée. Dans le *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*, von Raumer (1904, p. 100 et 212), a insisté sur la nécessité de composés organiques du fer au lieu de carbonates; l'absence de chlorophylle ne permet pas à l'organisme d'assimiler le carbone de l'acide. L'aération seule sera insuffisante pour empêcher la végétation. Cette conclusion semble un peu absolue, en présence des résultats obtenus dans nombre de villes dans la pratique en grand. Raumer signale également la présence fréquente du manganèse. Beythien, Hempel et Kraft ont signalé le fait que, pour des teneurs en fer et en matières organiques à peu près semblables dans diverses eaux, en Hongrie, une seule renfermait *Crenothrix*, avait une teneur assez élevée en manganèse et le dépôt se composait pour plus de la moitié d'oxyde manganeux (?). Ils ont conclu au rôle subordonné des matières organiques et à une influence plus marquée du manganèse dans la croissance. Il est plus que probable que les deux eaux indemnes, quoique ferrugineuses, étaient suffisamment protégées contre l'introduction de *Crenothrix*. Neufeld a fait observer avec beaucoup de raison que le cas signalé rentrait tout à fait dans les vues de Jackson et qu'il s'agissait probablement de *C. manganifera*. Là-dessus, dans le journal allemand, l'auteur d'un compte rendu déclare qu'il n'existe ni *C. ochracea*, ni *C. manganifera*, que les recherches américaines ne doivent être admises qu'avec beaucoup de prudence, que c'est uniquement une question de quantité de fer présente. Les eaux citées seraient juste à la limite minima de 0.3 FeO milligramme par litre, admise par Tiemann-Gærtner pour la végétation de *Crenothrix*; le manganèse viendrait parfaire la teneur insuffisante et permettre la végétation. — La prudence est toujours une bonne chose, mais les travaux de Jackson ne paraissent pas mériter l'espèce de discrédit dans lequel le reviewiste allemand voudrait les placer; les faits ont été bien étudiés, sont concordants entre eux et pertinents

pour la thèse soutenue. Les critiques ne tiennent pas un compte suffisant du côté biologique; ainsi, au point de vue chimique, le remplacement du fer par le manganèse est une chose toute simple, les deux métaux étant fort voisins dans la série; il n'y a pas assez de fer, il y a assez bien de manganèse, cela doit revenir au même; c'est, en somme, à cela que revient le raisonnement. Mais l'organisme a également voix au chapitre; ces êtres inférieurs sont parfois quelque peu fantasques; l'oligodynamie, par exemple, n'était certainement pas dans l'ordre des choses qu'on aurait pu prévoir. La spécificité pour les précipitations d'oxydes, affirmée par Jackson, n'est nullement improbable; elle est, du reste, suffisamment appuyée par des faits pour pouvoir être acceptée, sauf rectification ultérieure par des découvertes nouvelles, comme c'est, du reste, le cas pour toutes les questions scientifiques.

Jackson signale chez *C. manganifera* un détail de structure intéressant. Les cellules (ou articles ou bactéries) placées bout à bout dans les gaines tubulaires, à une certaine distance les unes des autres, sont réunies par un mince filament central ou axial. On pourrait interpréter provisoirement cette structure comme un nouveau cas de continuité protoplasmique, analogue aux cellules crénelées de la couche muqueuse de Malpighi, aux connections entre cellules végétales dont un grand nombre ont été signalées par Sidney Vines.

En présence de ce travail de Jackon, on peut se demander si les conclusions de Campbell Brown, sur la croissance des particules de manganèse, ne sont pas à reviser. L'analyse des eaux de Vyrnwy donne, pour un résidu total de 0.0398 gramme par litre, perdant 0.013 gramme à la calcination, 0.85 milligramme d'oxyde ferrique et 0.59 d'oxyde manganeux, soit un tiers du total comme matières organiques et des quantités de fer et de manganèse dépassant notablement la limite donnée par Tiemann-Gærtner. Il y a donc de quoi sustenter largement à la fois la forme ferrophile et la manganophile.

Jackson a formulé également des conclusions pratiques. Il recommande en premier lieu de maintenir l'eau des puits et des galeries filtrantes (probablement galeries captantes), aussi aérée que possible; mais comme ces puits et ces galeries doivent, pour recueillir l'eau, plonger dans la nappe aquifère et que généralement les galeries captantes sont noyées, on ne voit pas bien comment cette recommandation est pratiquement réalisable. Il faudrait ensuite éviter la stag-

nation dans le réseau, stagnation qui permet la dissolution du fer. Ceci est plus facile à exécuter; dans le réseau ordinaire, la consommation journalière maintient un courant suffisant; il n'en est pas de même aux extrémités de la canalisation, dans les bouts morts; mais il est facile de les rincer périodiquement. Ces deux recommandations sont basées sur le fait que l'oxygène libre, dissous dans l'eau, entraverait considérablement le développement. Les autres recommandations consistent à éviter le plus possible les matières organiques en s'abstenant de forer dans des couches tourbeuses ou trop près de marécages et de cours d'eau avec dépôts vaseux, et à permettre une bonne action filtrante du sol, en ne surtaxant pas les puits par un pompage exagéré.

Voici une liste bibliographique sur *Crenothrix*, qui, tout en étant incomplète, pourra être de quelque utilité.

1. — Kühn donne une première description sommaire.

2. — Rabenhorst, Algen Sachsens. — *Leptothrix Kühniana*. Le matériel desséché ayant servi à cette détermination a été réexaminé par Migula : mélange de *Leptothrix ochracea* et *Galionella ferruginea* sans vrai *Crenothrix;* la dénomination de Cohn (3) garde donc la priorité.

3. — Cohn, Ueber den Brunnenfaden (Beiträge zur Biologie, I, 1, 1870, p. 108). — *Crenothrix polyspora*.

L'accident de Berlin, en 1878, a donné lieu à plusieurs travaux :

4. — O. Brefeld und W. Zopf, Bericht an den Magistrat der Stadt Berlin, über die von ihnen ausgeführten Untersuchungen des Tegeler Wassers. — Berlin, 1879.

5. — W. Zopf, Entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über *Crenothrix polyspora*, die Ursache der Berliner Wassercalamität — Berlin, 1879.

6. — Bischoff, Bericht über die chemischen und mikroskopischen Untersuchungen der Wässer der Tegeler Anlagen. — Berlin, 1879. — *Leptothrix ochracea* phréatique.

7. — Arbeiten aus dem k. Gesundheitsamte, vol. I, 1885, p. 21. — Les filtres établis en 1883 ont amené dès 1884 une diminution notable du *Crenothrix* dans les tuyaux.

8. — Bericht über die Untersuchungen des Berliner Leitungwassers vom Juni 1885 bis April 1886, ausgeführt von dem hygienischen Institute der Universität Berlin, 1887, p. 14. — Rareté du *Crenothrix* en 1885, puis sa complète disparition.

9. — Proskauer (Zeitschrift für Hygiene, vol 9). — Formes aquatiles, phréatiques seulement par venues d'eaux supérieures.

10 — Radelkofer (Zeitschrift für Biologie, vol I). — *Palmellina flokkulosa* = premiers stades fixés de *C.* avec cellules en amas.

11. — W. Zopf. Zur Morphologie der Spaltpflanzen, 1882.

12. — Winogradsky (Botanische Zeitung, 1887). — *Beggiatoa* bactérie sulfureuse ; oxydation du soufre.

13. — Winogradsky, Ueber Eisenbacterien (Botanische Zeitung, 1888). — Rôle physiologique de l'oxydation du carbonate ferreux.

14. — Hugo de Vries, Die Pflanzen und Thiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. Bericht über die biologischen Untersuchungen der Crenothrix Commission zu Rotterdam, vom Jahre 1887. — 1890.

Les publications de l'État de Massachusetts contiennent plusieurs articles. Titre général : Examinations of the State Board of Health of the water supplies and inland waters of Massachusetts, 1887-1890. Part I of Report on water supply and sewerage. Boston, 1890. Dans ce volume :

15. — G.-H. Parker, Report on the organisms excepting *Bacteria*, p. 607 et 612.

16. — F.-P. Stearns and T.-M. Drown, Discussion of special topics relating to the quality of public water supplies, p. 763 et 780.

17. — F.-P. Stearns, The pollution and self-purification of streams, p. 801.

18. — F.-P. Stearns, Suggestions as to the selection of sources of water supply. — 22nd annual report of the Massachusetts State Board of Health for 1890, p. 368.

19. — Molisch (Gratz), Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen, 1892.

20. — Rössler, Ueber Kultivierung von *C. polyspora* auf festem Nährboden (Archiv der Pharmacie, vol. 233, 1895).

21. — N. van der Sleen, Ervaringen op het gebied van waterverzorging uit een chemisch en bacteriologisch standpunt (Verslag der algemeene vergadering van de Vereeniging voor waterleidingsbelangen in Nederland, gehouden te Utrecht op 18 en 19 Juni 1900). — Belles photographies de *Crenothrix* et de *Leptothrix ochracea*, ces dernières montrant les doubles spires. Cette même espèce seule phréatique en Hollande.

Articles se rapportant à Liverpool, dans : *City of Liverpool, Water Works, Report of the Engineer for the year 1901.*

22. — Joseph Parry, Obstructions to the flow of water through pipes conveying unfiltered water between lake Vyrnwy and Oswestry, p. 26.

23. — Prof. J. Campbell Brown, Report on deposits in pipes, etc., p 39.

24. — Rubert Boyce, Note upon Fungus deposits in unfiltered water mains, p. 51.

25. — J. Campbell Brown, Deposits in pipes and other channels conveying potable waters (Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London, 1903-04, vol. 156, part II).

26. — D.-D. Jackson, A new species of *Crenothrix* (Transactions Amer. microsc. Soc., 1901, vol. 23, p. 31). — *Crenothrix* manganophile.

27. — D.-D. Jackson, The precipitation of iron, manganese and aluminium by bacterial action (Society of chemical industry, 31th May, 1902).

28. — von Raumer, Ueber das Auftreten von Eisen und Mangan in Wasserleitungswässer (Zeitschrift für anal. Chemie, Oktober 1903. — Chemisches Zentralblatt, II, p. 1142. — Schilling's Journal, 30. Januar 1904, p. 100. — Technologie sanitaire, 1er septembre 1904, p 61). Le « Journal » allemand donne un deuxième compte rendu du même travail le 2 mars 1904, p. 212.

29. — A. Beythien, H. Hempel und L. Kraft (Zeitschrift Nahrungs- und Genussmittel, 1904, p. 215).

30. — C.-A. Neufeld (Ibidem, p. 478). — Ces deux travaux aussi, Technologie sanitaire (1er septembre 1904).

31. — G.-C. Whipple (Report of the Commission on additional water supply for the City of New York, 1904). Appendix VI, p. 396.

Les organismes dont il a été question jusqu'ici, étaient tous normaux. Les eaux superficielles introduites dans une canalisation, telles quelles ou avec une purification insuffisante, ce qui revient pratiquement au même, y amènent leur faune. Malgré la différence assez grande des conditions, les organismes ont à peine changé. Les quelques formes qu'on a pu considérer comme des adaptations spéciales sont tout au plus des variétés, et si elles ont été élevées au rang d'espèces distinctes, ce sont des espèces pour le moins douteuses. En résumé, les organismes de ces eaux obscures ne se distinguent pas, ou se distinguent à peine, de leurs congénères vivant à la surface et à la lumière. Le temps a-t-il été trop court, comme le suggère Kræpelin pour Hambourg? A ce point de vue, il serait intéressant d'étudier des distributions plus vieilles, par exemple Rome. Une autre condition pour la différenciation en espèces distinctes manque également : c'est l'isolement; il y a chaque jour de nouveaux arrivants, normalement constitués. La faune des canalisations ne diffère donc pas de la faune superficielle par les individus et par les espèces, mais uniquement par sa composition. Les proportions numériques des espèces qui la constituent sont seules changées, par suite de la prépondérance de ces espèces qui ont pu le mieux s'adapter aux conditions spéciales, comme cela a été expliqué plus haut.

La nature a réalisé elle-même des milieux analogues pour les conditions d'existence à une canalisation obscure : ce sont les grottes et

cavernes, et les grandes profondeurs dans les lacs et les mers. En Europe les grottes de la Carniole, en Amérique les vastes cavernes du Kentucky, ont été soigneusement étudiées; dans notre pays, la grotte de Han n'a pas encore fixé l'attention d'un zoologiste. Pour les grands lacs, on peut citer comme modèle les travaux de Forel sur le lac de Genève. Les grands fonds marins ont été dragués par le *Challenger* et par une série d'autres navires, qui constituent comme une flottille zoologique internationale. Pour ces milieux, il y a eu un temps fort long; aussi les trouve-t-on occupés par une faune bien spécialisée. Dans les grandes lignes, les caractères d'adaptation consistent en l'atrophie plus ou moins complète des organes visuels, par défaut d'usage; par contre, l'allongement des organes tactiles, antennes, barbillons, etc., peut être attribué à un usage plus fréquent; enfin, la disparition ou tout au moins la diminution du pigment est un phénomène physiologique encore inexpliqué.

S'il est un milieu qui doit se soustraire à toute recherche biologique, c'est bien l'eau du sous-sol, la nappe phréatique. Dans les terrains meubles non remaniés par l'homme et avec les précautions expérimentales nécessaires, l'eau du sous-sol est dépourvue d'organismes; elle est même bactériologiquement stérile. Les couches supérieures de tous les terrains sont fortement souillées et les premières phases de la pénétration de la pluie sont caractérisées par une pollution, tant au point de vue chimique par de la matière organique dissoute, qu'au point de vue biologique par des microorganismes. Mais à mesure que l'eau poursuit son cours souterrain, il y a des actions inverses; il doit y en avoir, pour expliquer le fait de la pureté des sources. On pourrait concevoir à la rigueur la présence de bactéries, à cause de leurs dimensions fort réduites; on a même prétendu que les couches géologiques déposées dans l'eau pouvaient inclure des microorganismes, et la notion des « microzymas » de la craie, de Béchamps et Estor de Saint-Pierre, était basée sur cette étrange conception. Mais en tout cas, des organismes de plus grande taille, comme des poissons, des crustacés, même des infusoires, seront certainement exclus.

Il paraît qu'il n'en est pas ainsi. Des forages artésiens à moyenne profondeur auraient fourni des animaux de ces catégories. On cite toujours le Sahara, où le cas serait assez fréquent. Le Sahara est bien loin et fort dépourvu de zoologistes, et une confirmation scientifique de pareils faits serait hautement désirable. Mais les eaux de

puits ou de galeries de drainage ont, dans quelques localités, fourni une faune abondante. Nous retiendrons deux cas où cette faune a été convenablement étudiée : les puits domestiques de Prague, étudiés par Vejdovsky, et les galeries drainantes d'Emmerin pour la distribution d'eau de Lille, étudiées par Moniez (*Revue biologique du nord de la France*, vol. I, 1888-1889).

Le travail de Vejdovsky est intitulé : *Thierische Organismen der Brunnenwässer von Prag*, 1882. L'auteur rappelle qu'un congrès réuni à Weimar en 1867, l'année après la grande épidémie de choléra, avait proclamé la nécessité de supplémenter l'analyse chimique par l'étude microscopique ; naturellement, ce n'était que l'examen du dépôt, et à cette époque il ne pouvait être question de microbes. La situation n'avait pas beaucoup changé en 1882 ; il est curieux de lire actuellement, datant seulement de vingt ans, des déclarations portant que des eaux de puits sont totalement exemptes de bactéries, des exposés tendant à exonérer des eaux d'avoir pu donner la fièvre typhoïde. Cette lecture permet d'apprécier l'importance des progrès réalisés en un quart de siècle.

Les quelques savants qui s'étaient occupés des eaux de puits, prélevaient un échantillon par pompage et le laissaient décanter pendant plusieurs jours ; parfois on ajoutait des matières organiques pour faciliter la croissance des organismes. Ces méthodes fort rudimentaires avaient en outre l'inconvénient de changer les conditions, notamment par l'exposition à la lumière. Vejdovsky a appliqué l'acide osmique pour tuer les organismes, le dépôt et la filtration sur de la laine de verre pour les recueillir, et il a porté une attention toute spéciale sur les parois où il grattait le recouvrement, et sur la vase du fond, qu'il a trouvée fort riche, comme on pouvait s'y attendre.

Le travail renseigne comme espèces :

Rhizopodes	22	Nématodes	2
Sporozoaires	3	Rotifères	3
Infusoires	45	Annélides	15
Plathelminthes	6	Crustacés	10

Pour faciliter les comparaisons, nous donnons immédiatement la liste de Moniez :

Rhizopodes	14	*Hydra fusca.*	
Infusoires	19	Turbellariés	10

Nématodes	2	Copépodes	6
Annélides	13	Ostracodes	4
Rotifères	3	Cladocères	8
Gastéropodes	6	Amphipodes	2

La première conclusion qui se dégage de l'examen de ces tableaux est l'importance relative des Protozoaires. Cette importance est probablement une conséquence de la petitesse de taille, de leur présence constante dans les poussières atmosphériques à l'état de kystes ou de spores et de leur répartition par les vents. Vejdovsky constate, par exemple, que la plupart des Amibes testacées, dont Ehrenberg a constaté la présence dans les poussières par des débris de carapace, se retrouvent dans les puits de Prague (p. 22).

La prédominance des Protozoaires dans la composition de cette faune spéciale est plus marquée à Prague qu'à Lille. Moniez, écrivant en dernier lieu et faisant la comparaison de ses résultats avec ceux de Vejdovsky, attire l'attention sur ce fait. Il déclare n'avoir pas pu déterminer tous les Infusoires qu'il a trouvés, « par suite de la pauvreté de notre bibliothèque universitaire en ouvrages sur ces animaux et notre liste est bien courte à côté de celle que donne Vejdovsky ». Mais Moniez aurait certainement reconnu des formes communes comme *Trachelius ovum*, *Coleps hirtus*, *Stentor polymorphus* et beaucoup d'autres signalées à Prague. La différence entre les deux villes est donc bien réelle. L'explication pourrait être la suivante : à Prague, il s'agit de puits domestiques, en général dans de fort mauvaises conditions (p. 21), maçonneries défectueuses, protection insuffisante contre les infiltrations superficielles, voisinage de fosses d'aisances ou de fumier. A Lille, c'est une distribution, qui laisse beaucoup à désirer, mais où il n'y a pourtant pas les multiples accès pour les poussières et autres détritus que dans une série de puits. Il y aura donc à Prague une plus grande variété d'organismes.

On peut s'attendre aussi à trouver une répartition beaucoup plus irrégulière et tel semble être en effet le cas. Par exemple, pour les Rhizopodes, une nouvelle espèce, *Difflugia Leidyana*, n'a été trouvée que dans deux puits, et dans l'un de ces puits, en énorme abondance; une préparation microscopique des débris organiques en décomposition montrait des centaines d'individus. Il y a un cas analogue pour *Centropyxis ecornis;* le même puits donnant quelques exemplaires de l'espèce précédente, donne aussi quelques exemplaires

de l'espèce actuelle; mais celle-ci pullule dans un autre puits. Dans le réseau maillé d'une canalisation, où tout communique, une telle irrégularité de répartition ne semble pas concevable. Pourtant, Moniez signale un fait curieux : Un ver nouveau (déterminé par Vejdovsky), *Pachydrilus subterraneus*, « se récolte en abondance depuis quelques mois (1888) à la Faculté de médecine de Lille, par le robinet d'une conduite d'eau du service de l'Anatomie; on est à peu près certain d'en obtenir en filtrant l'eau qu'on laisse couler doucement pendant quelques heures. Cette conduite d'eau s'ouvre directement sur le tuyau principal de la rue; nous n'avons pris ce ver nulle part ailleurs, ni en d'autres points de la distribution de la ville, ni dans les réservoirs d'Emmerin, ni dans les puits; il semble donc qu'il s'en soit développé une colonie dans le tuyau principal dont nous venons de parler, rue Jean-Bart » (p. 148).

Les deux auteurs sont d'accord sur l'habitat spécial des Rhizopodes: la vase et les détritus organiques reposant sur le fond. Il en résulte une différence notable pour la forme d'une eau souterraine, selon que l'examen porte sur de l'eau élevée par une pompe ou sur le dépôt ramené à la surface. A Prague, les formes les plus généralement répandues sont *Euglypha alveolata*, *Trinema enchelys* et surtout *Corycia (Chlamydophrys) stercorea*. Les deux dernières espèces sont aussi communes dans les réservoirs d'Emmerin; mais, pour le premier genre, il n'y a que *E. dentata*, pas très commune. Un fait curieux à Prague : *Amœba limax* assez fréquente n'est jamais en compagnie d'autres Amibes (p. 33). A Lille, elle est dans les réservoirs avec toutes les autres.

Vejdovsky signale *Arcella vulgaris* comme fréquent dans les puits (p. 44); Moniez dit que cette espèce, si commune dans les eaux de surface, n'a été trouvée que rarement dans les eaux souterraines de Lille. Cette différence de détail a peut-être une certaine importance. A Prague, par suite de la mauvaise construction des puits, les eaux sont, au point de vue de la faune, des eaux superficielles; à Lille, ce sont des eaux captées plus en profondeur. *Arcella* serait donc un cas particulier, un exemple, de la différence entre les deux faunes. Mais il y a aussi des faits contraires. Moniez a trouvé à plusieurs reprises *Phacus longicauda* non signalé à Prague. Les individus avaient une taille d'un tiers plus petite que la normale et ils étaient dépourvus de point oculiforme et de toute matière colorante verte. Nous rencontrons donc ici un cas bien net de modification sous l'in-

fluence du milieu. Quelques-uns des Flagellés paraissent spécialement sensibles; Klebs a trouvé que bon nombre d'Euglénacés et de Volvocinés peuvent perdre leur chlorophylle et quelquefois même leur tache oculaire en s'adaptant à des eaux putrides et en devenant saprophytes.

Les Infusoires seraient à Prague les animaux de loin les plus fréquents et les plus nombreux; mais il y a une correction à opérer du fait que l'auteur comprend les Flagellés parmi les Infusoires. Des Monadines pullulent parfois en été dans certains puits et les formes fixées sont les occupants ordinaires des parois. Pour les Infusoires proprement dits ou Ciliés, *Chilodon cucullus* est cosmopolite à Prague, absent à Lille où *Colpoda cucullus* est la forme dominante. Vejdovsky décrit une intéressante espèce nouvelle d'Holotriche, *Lada Wrzesniowskii*. Le corps absolument hyalin a son extrémité antérieure obliquement tronquée; le bord de cette troncature forme une saillie en fer à cheval avec des cils un peu plus longs que ceux du corps; il y a un bouquet plus long à l'extrémité postérieure. La bouche et l'anus n'ont pas été vus clairement; il y a une grosse vésicule pulsatile bien active. L'auteur range l'organisme parmi les Paramœcidés, dans le voisinage de *Leucophrys*. Ce serait un parasite du Ver *Phreatothrix pragensis*, car il n'a été rencontré qu'en deux exemplaires dans une préparation où il y avait un de ces Vers à moitié écrasé; le bourrelet en fer en cheval pourrait être un appareil de fixation. La structure me semble rappeler *Pompholixia* de la cavité du corps des Siponculides, pour lequel on a douté si c'était un organisme distinct ou un entonnoir cilié du Ver. Les conditions où *Lada* a été trouvé permettraient une supposition analogue; mais la vésicule pulsatile doit faire pencher la balance en faveur de la nature infusoire distincte.

Des deux genres de Cœlentérés d'eau douce *Hydra* et *Cordylophora*, aucun n'est signalé à Prague; *Hydra fusca* s'est rencontré en plusieurs exemplaires à Emmerin.

Les Turbellariés sont particulièrement intéressants. Le nombre des espèces rencontrées dans les eaux profondes est relativement assez élevé pour le groupe, avec beaucoup de modifications adaptives; mais ici, il faut tenir compte que plusieurs espèces des eaux superficielles sont déjà aveugles. Les modifications se présentent à des degrés variés. Dans un des puits de Prague, parmi des individus normaux de *Prostoma lineare*, il y avait quelques exemplaires ayant perdu les taches oculaires; à Lille, l'espèce est rare et sans aucune modification.

Forel a signalé dans la zone profonde du lac de Genève une espèce du même genre, dépourvue de points oculaires et de glande à venin. A Prague, *Stenostoma unicolor* a une répartition étendue; l'intestin, normalement coloré en brun, est incolore chez les exemplaires des puits. A Lille, elle manque. Une espèce nouvelle, *Mesostoma Hallezianum*, décrite en détail pour son anatomie, et un des habitants les plus constants des puits de Prague, est aveugle et toute blanche, deux caractères exceptionnels parmi les nombreuses espèces du genre. A Lille, l'espèce la plus abondante est *Microstoma lineare*, la variété géante décrite par Hallez et caractérisée entre autre par l'absence de points oculaires. Comme cette variété existe aussi dans les eaux superficielles, on ne peut pas invoquer ici l'influence du milieu. Mais elle est beaucoup plus commune dans les réservoirs que dans les fossés à ciel ouvert, probablement parce que, étant déjà aveugle, elle réussit mieux dans le milieu obscur que la variété ocellée. A propos des Sténostomidés, Vejdovsky traite en détail de leur multiplication par division transversale et des relations de parenté avec les Némertiens et les Annélides, questions de zoologie générale qui n'ont aucun rapport avec le sujet spécial de la faune phréatique.

Dans les deux localités, il y a une grande pauvreté de Nématodes, tant en individus qu'en espèces. Cette rareté est d'autant plus imprévue que bon nombre de Nématodes sont terricoles.

La série des Vers Annélides s'ouvre par plusieurs espèces d'*Æolosoma*. Le genre occupe une position zoologique très inférieure par la simplicité de son organisation, surtout du système nerveux; les yeux manquent. *Æ. tenebrarum* de 1 centimètre de long est la plus grande espèce; les globules huileux qui farcissent le corps et qui sont généralement d'un rouge orange fort vif, sont chez cette espèce jaune clair ou verdâtre. Elle a été trouvée en grande abondance dans un puits de Prague et est assez fréquente à Emmerin. *Phreatothrix pragensis* a déjà été mentionné à propos des Infusoires et de même *Pachydrylus subterraneus* pour sa singulière localisation à Lille. Les deux espèces ont l'habitude de se pelotonner en assez grand nombre en une boule, qui constitue une colonie quasi-permanente; elles sont toutes deux nouvelles.

Il est fort remarquable que Vejdovsky ne mentionne pas un seul Mollusque; probablement les possibilités de dispersion ne sont guère favorables à leur introduction dans les puits. Moniez a cependant trouvé des *Bithynella* dans quelques puits domestiques à Lille et

B. Berenguieri à Emmerin. L'espèce n'est connue que comme phréatique, mais c'est de nouveau une espèce créée par Bourguignat. Il a trouvé aussi une fois un *Ancylus*.

Le dernier groupe animal à mentionner est celui des Crustacés. Il y a plusieurs espèces de *Cyclops* toujours fort transparents et dépourvus des parasites qui les recouvrent dans les eaux superficielles; ces deux circonstances ont permis d'utiliser ces exemplaires pour des recherches d'anatomie. A Prague, on n'a trouvé qu'une seule fois un Nauplius aveugle; Moniez a rencontré quelques rares exemplaires adultes sans pigment oculairé. Les autres genres de Copépodes *Diaptomus* et *Canthocamptus* sont beaucoup plus rares et sans aucune modification.

En fait d'Ostracodes, peu nombreux, *Cypris reptans* est l'espèce la plus commune à Lille, tant dans les puits particuliers qu'aux réservoirs; elle est blanche, presque complètement transparente; tandis que dans les eaux de la surface elle est verdâtre, souvent marquée de bandes oranges ou brunes; les yeux sont normaux; malgré la dureté de l'eau de la distribution, la coquille s'imprègne si peu de calcaire qu'elle reste élastique. A Prague, le groupe présente beaucoup plus de particularités. Une pullulation de *Candona candida* a été trouvée dans un puits, toutes les formes des femelles, d'où on a conclu à une multiplication uniquement par parthénogénèse. Mais il n'est pas dit combien de fois ni pendant combien de temps ce puits a été examiné; les mâles étant beaucoup plus rares que les femelles et ne se montrant qu'à certaines périodes, un résultat négatif dans ce genre de recherches n'est pas très probant. Ces réserves paraissent d'autant plus justifiées que Moniez a non seulement trouvé des mâles, mais encore en nombre égal aux femelles, c'est-à-dire dans une proportion beaucoup plus forte qu'à la surface. La forme de loin la plus intéressante est *Cypris eremita* de Prague. Le corps est d'un blanc neigeux, les valves sont transparentes; dans le jeune âge, il y a, au-dessus du ganglion cérébral, une masse pigmentée, que par sa situation, on doit interpréter comme un œil rudimentaire; mais après plusieurs mues, cet organe a disparu et l'adulte est entièrement aveugle. Il y a chez cette espèce deux prolongements frontaux, qui n'existent pas chez les autres espèces indigènes; c'est probablement toujours le même principe du balancement des organes, le sens tactile se développant à mesure que se réduit le sens visuel. Pour cette espèce également, il n'a pas été trouvé de mâles; mais au moins

une cinquantaine de puits ont été examinés et à diverses époques de l'année; des femelles avec des œufs mûrs ont le *receptaculum seminis* vide; la conclusion d'une reproduction purement parthénogénique est donc ici bien fondée. Du reste, Weissmann a constaté plusieurs cas de cette nature dans des espèces du genre *Cypris*.

Le groupe le plus important de tous les Crustacés d'eau douce est incontestablement celui des Cladocères. Dans les mares et les eaux stagnantes superficielles, de même que dans les lacs, *Daphnia*, *Bosmina* et consorts peuvent pulluler en nombre incroyable. Or, Vejdovsky ne mentionne aucun Cladocère; Moniez en a trouvé quelques-uns dans des puits, mais *Alona costata* est la seule espèce d'Emmerin, très commune dans la vase du réservoir; la plupart des exemplaires étaient incolores, quelques-uns faiblement colorés, d'autres encore tout à fait semblables aux individus normaux de la surface.

Parmi les Amphipodes, *Gammarus (Niphargus) puteanus*, connu depuis longtemps et fort répandu, se trouve dans les puits de Prague et aussi à Lille, mais il est impossible de démêler si c'est dans des puits privés ou dans le réservoir. Nous aurons à revenir sur cette espèce. Moniez a trouvé un unique exemplaire rappelant le *Gammarus fluviatilis*, var. *subterraneus*, signalé par R. Schneider dans les eaux des mines de Clausthal. Comparée aux exemplaires de la surface, la variété souterraine est décolorée et l'œil est en voie de régression; les cristallins ne sont plus étroitement serrés les uns contre les autres, on les dirait en voie de relâchement, et ils sont moins enfoncés dans le pigment. Il y a aussi quelques modifications dans les antennes pour le nombre des articles et dans la forme des pattes. L'exemplaire de Lille est un peu moins modifié, se tient morphologiquement plus près des types de surface, et Moniez « est porté à croire que cette variété s'est produite localement, aux dépens du type, dont les œufs auront été entraînés dans les eaux souterraines et ramenés ensuite avec les eaux dans les réservoirs ». Vejdovsky décrit, à la fin de son travail, un petit Crustacé de 1 millimètre de long, ayant l'aspect d'un *Canthocamptus*, avec les pattes longues et grêles étalées latéralement. Il ne l'a trouvé qu'en deux exemplaires et lui a donné le nom de *Bathynella natans*, mais ne sait où le placer. Moniez, qui n'a pas retrouvé l'espèce, suggère que c'est une larve; mais Vejdovsky décrit un pénis et un testicule; ce dernier, il est vrai, avec doute.

D'où viennent tous ces animaux? Les formes identiques à celles des

eaux superficielles ne peuvent être que des égarés de la surface, et pour la composition de cette partie de la faune, les conditions de dispersion, les facilités plus ou moins grandes d'introduction dans le milieu obscur, seront les considérations dominantes. Pour une étude de ce genre, il faudrait donc tenir compte des espèces présentes dans l'eau du sous-sol et rechercher pour chacune d'elles les circonstances de son mode de vie qui ont permis l'introduction ; par exemple, pour les Protozoaires, leur dispersion à l'état enkysté ou à l'état de spores, dans les poussières de l'air. Parmi les causes d'introduction, Vejdovsky mentionne l'habitude à Prague de couvrir le fond du puits avec du sable de rivière encore humide et pouvant contenir des animaux vivants et des œufs. La présence d'*Enchytræus* peut être mise en rapport avec la proximité de tas de fumier près de puits mal fermés. Mais il faudrait également tenir compte des formes absentes et rechercher les causes de leur exclusion; par exemple pour les Mollusques, en général leur taille et leur poids, aussi le fait que leurs œufs sont réunis en paquets et ne supportent guère une période d'émersion.

La question se présente autrement pour les espèces qui ne se retrouvent pas dans les eaux superficielles et qui, de par leur organisation, semblent spécialement adaptées au milieu obscur. Comme le fait remarquer Vejdovsky, pour les anciens naturalistes, l'absence d'organes visuels et de pigment était une chose toute simple : ces espèces avaient été créées ainsi, en conformité avec le milieu qui leur avait été assigné. Mais déjà en 1882, cette conception simpliste n'était plus de mise, et elle l'est encore moins aujourd'hui. L'auteur estime que la faune des puits de Prague « apporte des preuves nouvelles et irréfutables » de l'évolution des formes profondes par modifications graduelles des formes de la surface.

Il importe de bien préciser comment on doit se représenter cette évolution, quelle a été la marche des événements pour constituer cette faune spéciale. Dans un puits donné, il y a introduction de quelques organismes de la surface. Leur organisation, leurs mœurs et les conditions du nouveau milieu concordent pour permettre non seulement leur maintien, mais aussi leur multiplication pendant une série de générations successives et même leur pullulation. On peut parfaitement comprendre dans ces conditions l'apparition de modifications et leur accumulation jusqu'à former d'abord des variétés, puis des espèces distinctes. On pourra trouver dans les faits cités des exemples

de ces modifications à divers degrés. Ce qui est important, c'est que chez les divers organismes, ces modifications sont de même nature et peuvent être mises en corrélation logique avec le mode de vie nouveau auquel ils ont à s'adapter. La grandeur des modifications sera fonction du temps et de l'isolement; un puits qui reçoit constamment de nouveaux immigrants aura sa faune moins différenciée; toutefois, il y a à considérer ici que plusieurs de ces formes se reproduisent par parthénogenèse et, dans ce cas, l'atténuation des caractères nouveaux par l'action sexuelle des derniers venus encore normalement constitués, ne peut pas se produire. On voit déjà combien le problème est compliqué.

Nous avons considéré un puits unique; le même raisonnement s'applique à un deuxième, à un troisième et ainsi de suite. Mais chacun de ces puits constitue un milieu isolé; même en admettant que des organismes identiques s'introduisent dans ces divers puits et se mettent à évoluer dans des conditions identiques, il n'en résulte nullement que le résultat final sera partout le même, c'est-à-dire que zoologiquement parlant, il y aura dans ces divers puits les mêmes espèces. Au contraire, il semble que sous l'influence de l'isolement, on devrait obtenir au moins un assez bon nombre d'espèces distinctes. Quelques-unes des formes décrites paraissent, en effet, fort étroitement limitées, par exemple *Bathynella natans;* mais Vejdovsky est d'avis que cette espèce est, en réalité, beaucoup plus répandue et que si elle n'a pas été trouvée dans d'autres stations, c'est parce que sa taille relativement minime l'a soustraite à l'attention. L'isolement des puits a été invoqué plus haut pour expliquer la répartition fort irrégulière de Rhizopodes testacés du genre *Centropyxis*. Moniez se base pour la variété de *Gammarus fluviatilis* sur sa présence uniquement dans les réservoirs d'Emmerin et son absence dans les puits, pour la considérer comme une modification locale et récente.

En présence de ces considérations, l'homogénéité de la faune des eaux obscures est un fait des plus remarquables. La plupart des formes très spécialisées se retrouvent dans un grand nombre de puits à Prague; et ce qui est plus extraordinaire encore, les mêmes espèces se retrouvent à Lille. Les questions théoriques que soulèvent ces faits ont été surtout discutées à propos de *Gammarus puteanus*.

C'est de loin l'espèce la plus répandue; presque partout où elle a été recherchée, elle a été trouvée dans les puits et dans les grottes. Deux localités ont plus spécialement fixé l'attention : les puits de l'île

d'Helgoland et les fameuses citernes d'eau pluviale à Venise; car il s'ajoute ici aux conditions ordinaires de l'isolement, la barrière d'une ceinture marine où l'espèce est certainement inconnue. Les animaux meurent assez vite hors de l'eau; les œufs restent dans la poche incubatrice de la femelle jusqu'au complet développement. Toutes ces circonstances ne permettent pas la dispersion par le vent, sans même parler de la difficulté d'introduction dans des constructions aussi soignées que les citernes de Venise. Mais dans cette ville, en cas de sécheresse, on importait de l'eau de la terre ferme et au moins dans une des localités où on allait se pourvoir, on a trouvé le Crustacé. (Joseph, *Zool. Anz.*, 14 juillet 1879, vol. II, p. 380.) Pour Helgoland, on a invoqué une ancienne connexion avec la terre ferme, de même que pour l'Angleterre. Cette hypothèse a pour conséquence de faire considérer l'espèce comme datant d'une époque fort reculée. (Fries, *Zool. Anz.*, 27 janvier 1879, vol. II, p. 36.) Le même auteur avait cru antérieurement (1874) à une formation locale récente et répétée aux dépens d'individus normaux de la surface, appartenant peut-être à des espèces distinctes. Humbert (1876) dérive les individus du fond des lacs suisses, d'une forme habitant les eaux du sous-sol avant la période glaciaire; lors du creusement des lacs pendant cette période, cette espèce phréatique s'y est introduite par infiltration et s'est naturellement localisée dans les régions qui lui convenaient le mieux, c'est-à-dire les régions profondes et obscures. La forme primitive superficielle, d'où la forme profonde a évolué, serait aujourd'hui éteinte. Forel (1877) estime que le peuplement des couches profondes a eu lieu par immigration et modification des espèces littorales, c'est-à-dire que la faune profonde est post-glaciaire. Il semble que les éléments d'information sont insuffisants pour permettre de décider entre ces deux opinions et pour déterminer avec une telle précision de détail la marche d'une évolution.

L'idée généralement admise est que les organismes spécialement adaptés constituent une faune des eaux profondes. L'origine de cette faune profonde est évidemment la faune superficielle. Les animaux de la surface ont eu accès aux eaux profondes par les cavernes, les grottes, aussi par les aiguigeois. Tout cela peut se concevoir sans beaucoup d'effort. On peut également comprendre l'existence d'une pareille faune dans des terrains solides fissurés, où les chenaux ont parfois des dimensions considérables et forment pratiquement un réseau maillé continu. Mais il n'en est plus de même pour les terrains

meubles, dont les éléments se tassent d'eux-mêmes, ne laissant que des interstices capillaires. Comment concevoir par exemple *Gammarus puteanus*, qui atteint parfois une taille de 2 centimètres, vivant dans un pareil milieu et dans tout le sous-sol de l'Europe. Or, c'est bien là ce qu'impliquent les déclarations portant que ces animaux ne peuvent arriver dans les eaux de puits par introduction d'en haut, mais qu'ils y sont amenés avec les eaux profondes. Vejdovsky, par exemple, cite le cas de puits creusés avec soin, et dans lesquels, au bout de cinq ans et même au bout d'un an, on a trouvé plusieurs exemplaires typiques de *Gammarus puteanus*. On ne peut douter de la réalité des faits, dûment constatés par des naturalistes soigneux et compétents; ils semblent en outre sainement interprétés et ils sont relevants comme argument en faveur de la thèse. Mais c'est la thèse elle-même qui, malgré tout, continue à sembler étrange.

Au point de vue purement zoologique, cette espèce donne lieu à quelques remarques. On l'a considérée comme descendant, soit d'une forme marine, soit d'une forme d'eau douce, et ces deux opinions ont trouvé leur expression dans les désignations génériques de *Niphargus* et de *Gammarus*. Le genre *Niphargus* a les deux branches du dernier uropode inégales, l'une des branches a un seul article court, l'autre deux articles assez longs; Moniez fait remarquer que déjà chez les *Gammarus* indigènes des eaux superficielles, il y a tendance à une modification analogue, qui est simplement poussée plus loin dans la forme phréatique. Ce serait donc dans les deux genres une modification parallèle, qui ne doit pourtant pas les faire confondre. Cet auteur, persuadé que la forme phréatique descend des Gammarides d'eau douce, adopte donc définitivement *Gammarus puteanus*, et alors *Niphargus* tombe en synonymie.

Moniez a trouvé deux variétés, que pour la commodité de la description il distingue par la forme ovale ou la triangulaire des mains. La variété à main triangulaire paraît être la normale, décrite par les divers auteurs. La forme à main ovale est plus rare : 1 sur 15 environ; à Lille, elle se retrouve partout avec l'autre, et quelques jeunes individus avaient une conformation intermédiaire. Il en conclut que ce n'est pas une espèce distincte et suggère que c'est une deuxième forme de mâle (la vérification par l'examen des produits sexuels n'a pas été faite). « On sait qu'il est fréquent de trouver chez les Crustacés deux sortes de mâles pour la même femelle : dans ce

cas, l'un des mâles, d'ordinaire, ressemble plus ou moins complètement à la femelle et peut même n'être reconnue que par les organes sexuels, le second mâle peut avoir avec elle une série de caractères de divergence marquée. Les mâles semblables à la femelle sont souvent stériles ou bien ce sont des jeunes individus, tandis que ceux de la forme divergente sont des individus à sexualité développée. Si notre hypothèse est exacte, les vrais mâles correspondraient à la forme à main ovale et à uropode réduit, qui ont conservé beaucoup mieux les caractères des formes de surface » (p. 249).

Fries a trouvé dans certaines localités, à la sortie des grottes, un mélange de *Gammarus pulex* et de *G. puteanus;* mais ces derniers, au lieu d'être tout blancs, avaient une teinte gris bleu clair; pour tous les caractères anatomiques, notamment la cécité, c'étaient de vrais *G. puteanus*. L'auteur, par conséquent, les considère non comme une transition de la forme de surface à la forme profonde, mais comme des individus phréatiques ayant repris une certaine pigmentation sous l'influence d'un séjour à la lumière. Un fait analogue a été constaté chez les *Proteus* amenés au jour (p. 37). Il n'y a pas de formes intermédiaires; l'espèce *puteanus* est donc bien distincte, ce qui prouve une certaine antiquité.

Nous avons examiné successivement l'influence de l'eau sur l'hygiène générale, la biologie des réservoirs de décantation, la faune des tuyaux, l'histoire du *Crenothrix*, la faune phréatique dans les sources et les puits; il nous reste à étudier le dernier mode d'alimentation, le filtrage au sable.

Les premiers renseignements sur l'application en grand du filtrage au sable se trouvent dans des enquêtes d'une commission royale sur l'alimentation de Londres en 1827-1828, et d'un comité de la Chambre des communes sur le même sujet en 1828. James Simpson, ingénieur de la Chelsea Company, a déposé devant ces deux commissions. Il déclare que la simple décantation dans un réservoir est insuffisante pour clarifier l'eau et que, pour cette raison, son attention a porté sur le filtrage au sable. A la demande des administrateurs de la société, il a parcouru plusieurs comtés d'Angleterre, notamment le Lancashire, le Lincolnshire, et a poussé jusqu'en Écosse. Il a visité plusieurs usines et des municipalités alimentées par des eaux filtrées, quelques-unes depuis plus de seize ans. A Manchester, par

exemple, une teinturerie de calicot s'en trouve bien depuis plusieurs années. A une demande du président, il répond : « Je ne doute pas que je pourrai filtrer toute l'eau à fournir ; ma société dispose dans ce but de plus de 4 acres (plus de 1 $^1/_2$ hectare) de terrain, ce qui, à mon avis, suffit pour les besoins présents et futurs. » Un filtre expérimental avait marché à raison de 3 $^1/_2$ mètres de colonne d'eau par vingt-quatre heures, soit environ 40 p. c. de plus que les 2 $^1/_2$ mètres, vitesse considérée aujourd'hui comme normale. L'eau est claire ; dans un puits de 10 pieds, on voit les briques du fond. L'eau des périodes de crues est beaucoup plus difficile à clarifier. Le colmatage diminue le débit et augmente la perte de charge ; le filtre marche une quinzaine de jours ; pour le nettoyage, il est mis à sec et la pellicule superficielle est enlevée à la pelle. La déposition de Simpson devant le comité de la Chambre des communes est du 7 juillet 1828. Le filtre définitif pour la Chelsea Company était en construction ; il a été mis en exploitation régulière en 1829.

Les résultats ayant été satisfaisants, les autres compagnies suivirent l'exemple. Les registres de la « Lambeth Company » mentionnent qu'à la date du 25 janvier 1831, le conseil d'administration prit connaissance d'une proposition de Simpson pour établir des filtres ; et le 10 février 1835, les agents de la compagnie reçurent pour instructions de se rendre chez les abonnés et de leur laisser une circulaire annonçant que la compagnie « avait réussi à purifier ses eaux, lesquelles étaient maintenant fournies dans un état qui satisfait tout le monde ».

Il y a deux points à retenir de ces déclarations de Simpson. Le filtrage au sable était employé comme moyen empirique, spécialement dans l'industrie ; et le but visé était simplement la clarification de l'eau. Cela pouvait suffire à une époque où la chimie analytique, encore dans son enfance, devait laisser la prépondérance à la simple observation des caractères organoleptiques. La théorie de Simpson, si tant est qu'il en avait une, devait être également simple : les particules en suspension, causes du trouble, étaient arrêtées à la surface du sable parce qu'elles étaient trop grandes pour les interstices entre les grains ou pour suivre les voies sinueuses dans toute l'épaisseur de la masse de sable.

A cette première période, qu'on pourrait nommer la période héroïque, a succédé le développement de la chimie hydrologique. La détermination de la composition chimique des eaux a fait l'objet d'un

immense labeur scientifique. On est à peu près d'accord pour les composants minéraux, sauf pour la dureté, qui s'exprime d'une demi-douzaine de façons différentes. Mais pour les « matières organiques », il y a une très grande variété de méthodes, de résultats et de modes d'expression. Cette abondance n'est pas richesse, bien au contraire, elle est une preuve de l'imperfection et de l'insuffisance de la science. Néanmoins, des chimistes ont cru pouvoir proclamer des règles, établir des maxima, que les hygiénistes ont essayé d'imposer aux hydrologues. C'est un honneur douteux pour Bruxelles que d'avoir vu, en 1885, un congrès pharmaceutique pousser à l'extrême cette tendance, heureusement sans trouver d'écho. Bien avant cette date, en fait, dès le début de la période chimique et de la constitution de l'hygiène comme un département distinct des sciences médicales, il y a eu souvent conflit ; les hygiénistes dénonçaient chez les ingénieurs une appréciation insuffisante du rôle que la science doit jouer dans ces questions ; et les ingénieurs, à leur tour, accusaient les hygiénistes de n'être que des théoriciens, ne tenant aucun compte des possibilités pratiques. En somme, on s'est mutuellement dit ses vérités.

Quand on appliqua les analyses chimiques aux eaux filtrées, on constata que les filtres auxquels on ne demandait qu'une tâche modeste, celle de clarifier, opéraient en outre une purification chimique notable ; et cette action portait précisément sur les matières organiques, c'est-à-dire sur l'élément auquel les hygiénistes attachaient le plus d'importance.

Or, ces matières sont à l'état dissous ; la théorie primitive de rétention mécanique ne leur est pas applicable. Mais les savants sont rarement embarrassés pour longtemps, et ils n'ont pas tardé à fournir une explication. On a rappelé que les solides à l'état pulvérulent jouissaient de la singulière propriété d'extraire de leurs solutions les matières organiques à poids moléculaire élevé ; c'est sur cette propriété qu'est basé l'emploi du noir animal dans la clarification du sucre ; — le noir de platine, en condensant de l'oxygène dans ses pores, peut transformer l'alcool en vinaigre ; — et puis, le filtre à sable doit agir en somme comme le sol arable, auquel on doit la pureté des sources.

Tout cela semble assez plausible au premier abord. Mais en examinant de plus près, on voit que le parallèle entre le filtre à sable et le sol naturel ne peut pas être poursuivi bien avant. Le sol est un mélange intime de sable, de calcaire et d'argile, où l'argile est de loin

la substance la plus absorbante, l'action du sable étant très faible, si pas nulle. En admettant que nous ayons affaire ici à des « actions de surface », le degré de division de la matière est un élément important : cette division est poussée beaucoup plus loin dans la terre ordinaire que dans le sable d'un filtre. La quantité de pluie qui tombe en un an dans nos régions est d'environ 80 centimètres, soit un tiers de ce que débite un filtre en un jour. Le sol ne travaille que par intermittence et ses couches supérieures sont soumises à une aération constante; la marche d'un filtre est au contraire continue et la masse du sable est entièrement noyée. Ainsi le filtre est composé de la substance inerte du sol, fortement surmenée et ayant à travailler dans des conditions défavorables à l'abri de l'air. Il est fort heureux que Simpson se soit fort peu préoccupé de toutes ces considérations théoriques, car nous n'aurions jamais eu le filtrage au sable.

Mais voyons d'un peu plus près où mène ce raisonnement ; il est la démonstration scientifique de l'inefficacité du filtrage au sable et nous fait par conséquent entrer en collision avec un fait patent, indéniable : la très grande efficacité de ce filtrage. Le raisonnement est donc fautif et comme pourtant il n'y a pas d'erreur de logique, nous devons avoir omis un élément essentiel.

Le troisième stade évolutif des notions d'hydrologie est marqué par le développement rapide de la notion du microbe. Les Microbes sont très vite devenus populaires; comme c'est une opération très simple que d'en effectuer le dénombrement dans un centimètre cube d'eau, les bactériologistes poussèrent comme des champignons, plus ou moins qualifiés, mais la plupart plein de zèle et du sentiment de leur importance Il y eut un moment d'affolement dans le public quand on lui apprit qu'avec chaque gorgée d'eau il avalait des milliers de petites bêtes. Outre les conditions ordinaires de pureté organoleptique et chimique, les hygiénistes exigèrent immédiatement en outre la pureté bactériologique, réduisant presque au désespoir le malheureux technicien, qui se voyait interdire presque toutes les eaux comme dangereuses ou suspectes et aussi tous les modes de purification comme insuffisants. Certains théoriciens réclamaient tout simplement la stérilité absolue et un savant d'une certaine notoriété rappelait, à propos de l'épuration des eaux d'égout, que le feu seul est capable de tout détruire. Il n'y a pas à discuter de pareilles exagé-

rations; il n'y a qu'à laisser passer la première bouffée d'effervescence; les nécessités inéluctables finissent toujours par être les plus fortes et par ramener les exaltés à la raison.

Quand on se mit à analyser bactériologiquement les eaux filtrées, on constata non sans étonnement une réduction très considérable du nombre des Microbes. Les milliers de colonies de l'eau brute sont devenus après filtrage quelques dizaines par centimètre cube. Le sable qui s'était montré à la hauteur des exigences organoleptiques et chimiques, n'était pas moins efficace au point de vue bactériologique. Et cette efficacité était d'autant plus imprévue que les dimensions réciproques des Microbes et des interstices entre les grains de sable rendaient moins probable un pareil pouvoir de rétention. Le filtrage au sable s'est donc montré à la hauteur des exigences successives de l'hygiène résultant des progrès de la science.

Si des faits nous passons à leur explication, nous constatons que déjà, pour l'action purement mécanique, l'explication est loin d'être suffisante; le trouble de beaucoup d'eaux est dû à des matériaux argileux beaucoup plus petits encore que les Microbes et que pourtant, dans certaines conditions, le filtre arrête en quantité notable. Pour la purification chimique, l'action de surface est plutôt un mot qu'une explication. Et pour la rétention des Microbes, nous ne sommes pas davantage en possession d'une raison probante.

Il importe de remarquer que le filtrage au sable, inventé par les Anglais, est resté entre leurs mains pendant une longue période d'années; car les principales applications sur le continent ont été faites par des compagnies anglaises qui avaient des compatriotes comme ingénieurs; tel a été le cas, par exemple, pour Berlin et pour Amsterdam. Une pratique de cinquante ans n'a pour ainsi dire pas amené de modification ni dans la construction, ni dans la manœuvre des filtres. Pourtant, il serait étonnant que Simpson ait du premier coup trouvé la perfection, ne laissant plus matière à amélioration. Beaucoup de gens, et parmi eux les ingénieurs anglais, établissent une opposition antithétique entre la théorie et la pratique, opposition fort peu justifiée, car la théorie doit être le guide de la pratique et le moyen de la faire progresser. Les filtres à sable donnant des résultats satisfaisants, on ne s'est guère préoccupé de ce qui se passait dans ce procédé et naturellement les choses sont restées en l'état.

La question a fait un pas en avant, grâce à l'esprit d'investigation

scientifique méthodique des Allemands. C'est en premier lieu l'ingénieur Piefke, de la station filtrante du Stralauer Thor à Berlin, qui a étudié plus à fond. Les publications suivantes sont spécialement à consulter :

C. Piefke, Mittheilungen über natürliche und künstliche Sandfiltration, nach Betriebsresultaten der Berliner Wasserwerke vor dem Stralauer Thor. — Berlin, Polytechnische Buchhandlung A. Seydel, 1881.

C. Piefke, Die Principien der Reinwasser-Gewinnung vermittelst Filtration. Bericht an die Direction der Städtischen Wasserwerke zu Berlin. — Berlin, Julius Springer, 1887.

C. Piefke, Aphorismen über Wasserversorgung, vom hygienisch-technischen Standpunkte aus bearbeitet (Zeitschrift für Hygiene, VII, 1889).

Carl Fränkel und C. Piefke, Versuche über die Leistungen der Sandfiltration (Zeitschrift für Hygiene, VIII, 1890).

Piefke a établi expérimentalement que du sable pur et stérilisé par la chaleur ne clarifie pas l'eau, ne réduit ni les matières organiques, ni les Microbes; c'est-à-dire qu'il n'agit pas mécaniquement, pas chimiquement, pas bactériologiquement; c'est-à-dire qu'il ne fait rien du tout. Il est sous ce rapport, en contraste frappant avec un filtre ordinaire en marche normale; du reste, après quelques jours, le sable pur devient plus efficace. Or, quelle différence y a-t-il, d'un côté entre ce filtre neuf, de l'autre avec le même filtre après quelques jours ou un filtre ordinaire. C'est que le filtre neuf est propre et que les deux autres sont plus ou moins salis par les matériaux arrêtés, surtout dans la couche superficielle. Nous arrivons donc à la conclusion paradoxale qu'un filtre travaille d'autant mieux qu'il est plus sale. Une autre conséquence encore, est que c'est la couche superficielle, surtout chargée et colmatée, qui doit être la portion la plus active; des analyses bactériologiques à diverses profondeurs dans le sable ont en effet montré que la rétention se fait surtout dans cette couche supérieure. Ainsi s'explique d'une façon fort simple, le fait paradoxal que l'épaisseur de la couche de sable n'exerce que peu d'action; la cuvette maçonnée sert de support au gravier, le gravier sert de support au sable, le sable sert de support à la couche supérieure colmatée. L'enlèvement de cette couche lors du nettoyage, remet le filtre à neuf et par conséquent les résultats bactériologiques ne sont pas si bons; il faut donc au début filtrer très lentement et laisser se perdre

la première eau pendant un jour. Il faut enlever le moins possible à chaque nettoyage; quand un filtre reçoit une nouvelle charge de sable bien lavé pour parfaire son épaisseur, les résultats ne deviennent bons qu'on bout de deux semaines.

La partie essentielle des publications de Piefke consiste à mettre en évidence le côté biologique. Une des principales difficultés contre lesquelles l'usine du Stralauer Thor a à se débattre, est la pullulation des Algues pendant la saison chaude. Par leur accumulation rapide à la surface du sable le filtre est colmaté en deux ou trois jours; le goût de moisi, que l'eau prend quelquefois, est attribué à la décomposition de ces végétaux. Il y a pullulation des Microbes dans la couche superficielle du sable, qui devient ainsi poisseuse et collante, ce qui augmente son pouvoir rétenteur. Le sable dans toute son épaisseur a plus ou moins le même caractère. L'auteur semble pencher vers une absorption par action de surface, des matières organiques dissoutes, qui peuvent servir de substratum à la vie bactérienne. L'aérage du filtre par une mise à sec détruit ces matières par une oxydation lente et est aussi efficace comme moyen de nettoyage, qu'un lavage de toute la masse. Il est établi un parallèle avec l'action du sol naturel; le Microbe nitrifiant, non encore connu à cette époque, est clairement prédit.

Malheureusement, le point de vue ingénieur prédomine dans tous ces travaux; il y a des analyses chimiques et bactériologiques, mais aucun effort n'a été fait pour approfondir quelque peu la question du côté botanique ou zoologique. Ce sont des « Algues », sans plus. Un examen microscopique de la couche filtrante n'a pas été fait. Pourtant, du moment qu'on reconnaît que des organismes jouent un rôle dans le filtrage au sable, soit comme élément actif et bienfaisant, soit comme élément perturbateur, il semble qu'on aurait dû se demander de suite quels étaient ces organismes, pour savoir à qui on a affaire. Pendant plus de dix ans, personne ne semble s'être posé cette question. Les ingénieurs ne sont naturellement pas à même de la résoudre; il leur manque sous ce rapport les connaissances; ce n'est pas en somme leur métier et on ne peut donc leur en faire un grief. D'un autre côté, les botanistes et les zoologistes avaient fort à faire à compléter le catalogue des êtres, à scruter leur développement; aucun d'eux n'a songé à entreprendre un travail fastidieux et sans grande portée théorique.

On a commencé ce travail à Hambourg ; un assistant de l'Institut d'hygiène de cette ville, Otto Strohmeyer, a publié en 1897 une étude en deux parties : I. *Einfluss der Algen auf den Filtrationsvorgang ;* II. *Ueber den Einfluss einiger Grünalgen auf Wasserbakterien.* Le travail préliminaire a consisté à suivre pendant une année les variations de la flore des Algues; les plantes supérieures ont été négligées ; elles n'ont, du reste, pas le temps de se développer entre deux nettoyages et ne jouent aucun rôle. Chaque fois qu'un filtre était mis à sec, la pellicule était examinée au microscope. On a trouvé ainsi une certaine régularité dans la nature des plantes constituant la couche filtrante. En hiver, les Diatomées sont pour ainsi dire seules; il y a beaucoup moins d'espèces qu'en été, mais quelques-unes sont en nombre immense. Les Algues vertes se montrent au début du printemps et acquièrent leur maximum de développement vers le milieu de l'été; on n'en trouve que très peu en hiver. Les Algues bleues se montrent surtout vers la fin de l'été et se maintiennent une partie de l'automne. Mais constamment, à toutes les époques, il y a des Diatomées, et ce sont elles qui sont par conséquent l'élément efficace par excellence des filtres à sable.

Il est curieux de rappeler que dès 1875, cette conclusion avait été nettement formulée par Harting, le professeur de zoologie d'Utrecht. Dans son travail sur le *Crenothrix*, de Vries mentionne le rapport d'une commission pour les eaux de Rotterdam en 1874, pour laquelle Harting a fait des études microscopiques de la couche de sable. « Cette commission a trouvé que la purification de l'eau ne se produit pas régulièrement dans toute l'épaisseur de la couche de sable, mais principalement dans la couche supérieure, extraordinairement riche en organismes microscopiques, notamment en Diatomées; cette couche se développe graduellement pendant le filtrage. Plus elle est développée, mieux le filtre fonctionne, mais aussi plus il devient étanche. » Ce rapport, publié comme document administratif et dans une langue peu répandue, a passé inaperçu.

Nous avons donc acquis une notion importante pour la théorie du filtrage : c'est une opération biologique. La couche superficielle n'est pas formée uniquement par colmatage, par rétention mécanique de matériaux solides en suspension ; elle est composée d'Algues vertes et bleues, aux filaments entrelacés en une membrane feutrée; d'innombrables Diatomées à carapace siliceuse, aux membranes souvent gélifiées, remplissent les mailles; des zooglées ou masses d'orga-

nismes microscopiques agglutinés recouvrent toutes les parcelles; les Infusoires et les Rotifères y fourmillent; on y rencontre aussi parfois en grande quantité les Rhizopodes, Amibes nues ou testacées. Cette couche n'est donc pas inerte, elle est vivante; elle se développe et s'accroît, augmente sa masse et finit par obstruer le filtre.

Le premier effet doit être le remplissage des interstices entre les grains de sable, assurant une meilleure rétention mécanique, dont l'action sera notablement augmentée par la nature poisseuse de cette matière de remplissage. Puis, nous avons à considérer que cette matière est un agrégat d'êtres vivants. On sait, depuis Priestley et Lavoisier, que les plantes purifient le milieu; vers le tiers du siècle dernier, Cagniard de la Tour, en France, et Schwann, en Allemagne, ont reconnu que les fermentations étaient le résultat de l'activité vitale de microorganismes. La purification chimique s'explique donc comme une destruction des matières organiques par la vie végétale et microbienne. De même, la différence entre la flore bactérienne de l'eau brute et celle de l'eau filtrée, apparaît comme un résultat de la concurrence vitale dans cette couche si peuplée; notamment les Bactéries coliformes, fréquentes dans l'eau brute, font généralement défaut dans l'eau filtrée; Miquel a récemment voulu faire de cette absence la norme d'un bon filtrage et édicté que le moindre Coli devait disqualifier le filtre, ce qui est une exagération.

Je puis confirmer cette conclusion dans ses grandes lignes. A Waelhem (station de filtration de la distribution d'eau d'Anvers), chaque filtre nettoyé a sa pellicule soumise à un examen microscopique; on fait une demi-douzaine de préparations en portant directement sur la lamelle le raclage de la surface; la séparation avec le sable par agitation avec de l'eau peut fausser les résultats; les formes filamenteuses ou très collantes ne sont pas suffisamment mises en évidence par cette méthode. Je n'ai pas cru nécessaire de compter le nombre réel des formes; les méthodes longues et pénibles appliquées par Hensen, de Kiel, pour le plankton de l'Océan, par Zacharias en Allemagne, Sedgwick et Rafter en Amérique, peuvent avoir une utilité relative pour les formes flottantes; mais ici les chiffres n'auraient plus aucune signification, puisque nous avons les organismes accumulés, soustraits à toute la masse de l'eau qui a passé par ce filtre. Je me suis arrêté à une approximation assez grossière; je représente par 10 le total des organismes constituant la couche

filtrante et puis chaque genre a dans ce total sa part proportionnelle. Par exemple :

Melosira varians	5	*Spirogyra*	1
Fragilaria capucina	4	(*S. tenuissima* dominant)	

signifie qu'environ la moitié de la couche est formée de *Melosira*, puis qu'il y a un peu moins de *Fragilaria* et à peu près 10 p. c. de divers *Spirogyra*, surtout *S. tenuissima*. Les résultats auxquels arrivent pour un même filtre divers observateurs sont suffisamment concordants.

Outre les formes dominantes, on signale aussi comme formes accessoires celles qui, sans être en quantité suffisante pour pouvoir participer au total 10, sont cependant suffisamment nombreuses pour pouvoir être mentionnées; une forme, accessoire pendant quelque temps, peut devenir par la suite une forme dominante. Tel est, par exemple, le cas pour la Diatomée *Synedra*, tout au plus accessoire pour les filtres nettoyés en avril, et qui, dans les filtres nettoyés vers le milieu du mois de mai, est devenue forme dominante avec la quote-part 3.

Enfin, on mentionne encore les raretés et les formes intéressantes à un titre quelconque, les divers événements biologiques qu'on a pu observer dans ce filtre pendant toute sa marche, et l'on donne une description de l'état physique de la pellicule.

Strohmeyer fait observer avec raison que la masse d'Algues qu'on trouve sur le sable quand le filtre est mis à sec est si considérable, que depuis longtemps il semblerait que l'eau ne pouvait plus passer. Il attribue une grande importance pratique à une formation modérée de gaz, qui maintient les filaments dressés dans l'eau, alors que couchés, ils obstrueraient le filtre. En outre, l'eau, ayant passé à travers ce gazon, abandonne aux tiges gélatineuses une bonne partie des plus fins éléments en suspension; il y a donc là un dégrossissage préliminaire qui sauve le filtre et prolonge sa durée. Cette influence est surtout marquée quand on a la chance d'avoir une végétation d'*Hydrodictyon*, une Algue verte dont les cellules allongées forment des mailles pentagonales; j'ai vu des filtres entièrement couverts d'une couche de 15 centimètres, que les ouvriers roulaient comme un tapis.

Tous les filtres mis en marche depuis janvier et qui ont commencé à être nettoyés en mars avaient une composition identique; les Diato-

mées agrégées en longs filaments, *Melosira* et *Fragilaria*, constituaient presque exclusivement la couche filtrante. Deux ou trois fois, il y avait intervention de *Spirogyra* et, dans ce cas, la couche était notablement plus feutrée et cohérente ; dans les cas où *Synedra*, une forme isolée, intervenait dans une proportion notable, la couche était très mince, sans cohésion, et l'on ne pouvait en prélever une partie pour l'examen microscopique sans avoir en même temps des grains de sable sur la lame de verre. Les diverses allures des couches s'accordent donc parfaitement avec leur composition biologique.

Les modifications de la flore, qui mettent en évidence successivement les Algues brunes, vertes et bleues, sont la conséquence des saisons. Aux époques de transition, j'ai souvent constaté, sans cause apparente, un plus grand nombre de Microbes dans l'eau filtrée ; je me demande si le changement de flore ne peut pas être cette cause. Quand les conditions climatériques deviennent défavorables pour la flore existante, il en résulte un arrêt, à la fois dans le développement et dans toute l'activité vitale ; si maintenant les nouvelles formes saisonnières ne pullulent pas aussitôt, il y a une espèce d'interrègne, une période transitoire d'activité réduite. A cette cause probable, mais difficile à démontrer en fait, vient maintenant se surajouter la modification de la flore bactériologique elle-même ; les espèces dominantes d'été ne sont pas les mêmes que celles d'hiver ; chaque groupe apparaît souvent par poussée, et puis il semble que le filtre soit comme vacciné contre ce microbe spécial.

Pour donner une idée des variations de la composition de la couche filtrante, on peut consulter le tableau ci-après. De mars 1899 à mars 1900, tous les filtres nettoyés chaque semaine sont représentés par leur composition moyenne. Les chiffres ont une valeur comparative et non absolue ; par exemple, en mars et en avril, il peut y avoir plus de *Cyclotella* qu'en décembre et janvier ; mais dans ces deux derniers mois, cette Diatomée est pour ainsi dire seule présente et, pour cette raison, elle a le coefficient 10 ; tandis que dans les autres mois, d'autres Algues étant beaucoup plus nombreuses, constituent les formes dominantes et *Cyclotella* ne vient même plus à la cote. Cette anomalie est une conséquence de la dépression générale de la végétation en hiver.

MOIS.	*Fragilaria.*	*Melosira.*	*Synedra.*	*Cyclotella.*	*Coscinodiscus.*	*Oscillaria.*	*Protococcus.*	*Spirogyra.*
Mars 1899 . . .	4	4	2	...	...	...	...	...
	4	...	2	...	...	...	...	4
	5	3	...	...	...	...	...	2
Avril	4	4	...	...	...	...	...	2
	3	5	...	...	..	...	. .	2
	3	6	1	...	...	...	..	...
	3	6	1	...	...	...	...	...
Mai	...	1	1	8	...	...	...	...
	...	...	1	9	...	...	...	...
	...	...	2	8	...	...	...	...
	...	...	1	9	...	...	...	...
Juin	...	...	. .	8	...	2	...	...
	...	...	...	4	...	. .	6	...
	..	...	...	2	...	4	4	...
	1	...	6	...	...	3	...	...
Juillet	2	6	1	...	...	1	...	...
	...	1	1	8	...	...	....	...
	...	1	1	8	...	...	...	...
	...	1	...	6	1	...	2	...
Août.	...	2	...	4	4	...	. .	..
	...	2	...	4	4	...	...	...
	...	2	...	4	4	...	...	...
	...	3	...	3	4	..	...	...
Septembre	...	4	. .	2	4	...	...	...
	...	3	...	4	3	...	...	...
	...	3	...	2	5	...	...	...
	...	3	...	4	3	. .	...	...
Octobre.	...	3	...	5	2	...	...	...
	...	2	...	8	. .	...	...	...

MOIS.	*Fragilaria.*	*Melosira.*	*Synedra.*	*Cyclotella.*	*Coscinodiscus.*	*Oscillaria.*	*Protococcus.*	*Spirogyra.*
Novembre 1899	...	...	...	10	...	..	...	...
	...	...	...	10	...	...	..	...
	...	...	...	10	...	...	...	...
	...	2	...	6	2	...	...	...
Décembre	...	...	...	10	...	...	...	...
	...	3	...	7	...	...	...	...
	...	3	...	7	...	...	...	...
	...	3	...	7	...	...	...	...
Janvier 1900	...	3	...	7	...	...	...	...
	...	...	..	10	...	...	...	...,
	...	...	...	10	...	...	...	...
	4	4	..	2	...	...	...	...
Février	2	...	...	8	...	...	...	..
	7	3	...	...	..	...	...	...
	7	3	...	...	...	...	...	...
	...	10	...	..	...	...	...	...
Mars	...	10	...	...	...	...	...	...
	2	8	...	...	...	...	...	...
	6	4	...	..	..	...	...	,...
	6	4	...	...	...	...	...	...

Les grands filtres à sable ont une surface de plusieurs centaines de mètres carrés; ceux de Hambourg, par exemple, ont chacun au delà de 7,000 mètres; il est évident qu'on ne peut s'attendre à une surface absolument homogène, présentant partout la même composition. Quand le filtre est mis à sec, on remarque déjà qu'il y a des différences : au commencement du printemps, quand apparaissent les Algues vertes, elles se montrent par taches isolées de quelques centimètres de diamètre et en nombre fort variable. Plus tard dans la saison, quand les conditions de température sont plus favorables et

permettent une croissance plus rapide, la surface est plus homogène, probablement par confluence des centres de croissance. Mais même dans un filtre tacheté, la couche de Diatomées en contact immédiat avec le sable est de composition fort constante; c'est du moins ce qu'on observe à Waelhem. Les taches de *Spirogyra* semblent quelque chose de surajouté, de plus superficiel; la couche de Diatomées continue en dessous. Il peut y avoir là une cause d'erreur; tel semble être le cas pour la planche XVI du livre de Thresh (*The Examination of Waters*, 1904), « représentant le dépôt d'un grand filtre à sable. Il y a des écailles d'ailes de papillons, des débris de Crustacés, des Desmidiées, un Infusoire; un filament marqué, « probablement une espèce de Zygnema », ressemble assez bien à *Melosira* et il y a un morceau de *Fragilaria ;* mais il y aurait remarquablement peu de Diatomées. Le Dr Thresh doit avoir examiné la couche tout à fait superficielle, une accumulation de débris de toute sorte; un peu plus bas, il aurait plus que probablement trouvé la couche homogène de Diatomées. Pour autant qu'on puisse juger, *Fragilaria* et *Melosira* auront été dominants. L'abondance des Crustacés, des Desmidiées vertes et des écailles de Lépidoptères montre que c'était en été. — Il importe de remarquer que l'ouvrage de Thresh ne doit pas être jugé uniquement par cette rectification d'un point de détail. Bien au contraire, ce livre d'un chimiste se distingue des ouvrages similaires, par l'attention très sérieuse prêtée au côté biologique; l'auteur puise naturellement ses renseignements dans la littérature, mais il ne se borne pas aux phrases stéréotypées qui passent d'un livre à l'autre; il nous donne son travail personnel; il a mis l'œil au microscope et son exemple démontre qu'avec un peu de bonne volonté, tous ceux qui, à un titre quelconque, ont à s'occuper des questions d'eau, peuvent trouver dans la biologie des renseignements de la plus grande valeur pratique.

La nature végétale de la couche filtrante a, comme nous l'avons vu, une influence marquée sur la composition chimique de l'eau : la plante absorbe les matières organiques dissoutes. Cette influence s'étend aussi aux gaz contenus dans l'eau. Cette couche de détritus de toute sorte arrêtée à la surface du sable semble devoir agir comme élément réducteur et absorber l'oxygène, auquel les hygiénistes tiennent très fort. C'est une des grosses objections contre le filtrage au sable et elle fait toujours impression; elle est inattaquable en

théorie, mais elle n'est pas fondée en fait ; les analyses de l'eau filtrée ne montrent pas ce déficit d'oxygène. Le gaz paraît se dissoudre dans l'eau avec la plus grande facilité. Et surtout, il y a à tenir compte de l'activité végétale qui dégage de l'oxygène. Quand on regarde un filtre, on voit que la couche d'Algues et de Diatomées qui garnit les parois brille au soleil comme de l'argent; elle est farcie de bulles gazeuses. La même chose se produit à la surface du sable et peut même aller jusqu'à faire flotter des parties de la pellicule. Le passage de l'eau à travers la couche superficielle, loin d'être une action réductrice, est donc au contraire une oxygénation de l'eau. Les filaments brunâtres de *Melosira* qui donnent aux parois des filtres un aspect malpropre, ont donc une action fort utile et c'est une erreur que de les enlever. Une installation de filtrage où tout est propre, où les parois à chaque nettoyage sont crépies au lait de chaux (pratique fréquente en Angleterre) est une installation qui n'est pas scientifiquement conduite. Pour s'en assurer, on n'a qu'à demander à l'ingénieur qui vous sert de cicerone à voir le laboratoire : il n'y en a pas. Quant à la biologie, on en ignore bravement l'existence.

Si le filtrage est une action vitale, toutes les causes modifiant la vitalité doivent retentir sur l'efficacité du filtrage. Une expérience de Claude Bernard montre l'arrêt de la fermentation alcoolique sous l'influence du chloroforme, par l'anesthésie de la levure ; des résultats analogues ont été obtenus pour le pouvoir nitrifiant du sol, et il en serait probablement de même avec le filtre à sable. Comme cause naturelle, il y a à citer en première ligne les variations saisonnières de la température ; la chaleur favorise la végétation, le froid la retarde. Les filtres ne marchent en été que quelques jours ; en hiver, ils ne sont colmatés qu'après plusieurs semaines et marchent parfois pendant deux mois. Il a déjà été dit plus haut que la quantité absolue de Diatomées est fort différente ; en été, une préparation microscopique en est bondée ; en hiver, il n'y a parfois que quelques rares frustules dans le champ visuel. Aussi, la purification chimique est-elle beaucoup plus parfaite au printemps et à l'automne qu'en hiver. En plein été, il y a une cause perturbatrice : l'abondance de la vie animale amène beaucoup de détritus sur la surface du sable et il y a une pollution plus intense, que l'activité végétale ne parvient pas toujours à contrebalancer. Les résultats bactériologiques sont aussi toujours au mieux dans les saisons moyennes, et moins dans les saisons extrêmes ; surtout la glace sur les filtres semble exercer une influence

désastreuse. Aussi, les rares fois qu'il y a eu des désagréments sérieux au point de vue hygiénique avec des eaux filtrées, ç'a toujours été en hiver (légère épidémie de fièvre typhoïde à Berlin de janvier à avril 1889, avec environ 700 cas; Rotterdam en 1903).

Une autre cause perturbatrice de la végétation est la teneur variable en sel, comme cela se produit dans les eaux douces de la côte, par introduction occasionnelle d'eau de mer. La flore des eaux saumâtres se montre assez spéciale; l'étude soignée de quelques petits lacs en communication avec la Baltique a été faite par E. Lemmermann (*Berichte Plön*, 4, 1896, p. 140; 6, 1898, p. 166; 8, 1901, p. 74), mais surtout au point de vue planktonique, tandis que pour le filtrage au sable, ce sont surtout les formes benthoniques, les organismes du fond, qui nous intéressent. Le plankton des lacs saumâtres a peu de Chlorophycées, sauf *Botryococcus ;* les Volvocinées si caractéristiques des eaux douces sont absentes. Comme Diatomées, il y a les formes marines *Chætoceras* et quelques autres, mais *Asterionella*, *Melosira* manquent. Tous ces caractères sont plutôt marins. Il y a fort peu de Péridiniens, et notamment le genre *Ceratium* manque. Par contre, il y a beaucoup de Schizophycées (1901, p. 79). La quantité de plankton est assez considérable (1898, p. 181).

J'ai eu l'occasion de suivre la marche des filtres à Blankenberghe, la station balnéaire de la côte belge au nord d'Ostende. Le problème de l'hygiène des endroits de villégiature en général est des plus importants; la population de la « saison » se disperse à la fin des vacances et si les conditions hygiéniques du « summer resort » étaient mauvaises, les conséquences s'en font sentir dans tout le pays. Ceci n'est malheureusement pas de la théorie pure. Or, le long de la côte belge, l'alimentation en eau potable est une question des plus difficiles, les eaux convenables faisant défaut, et les ressources financières des communes étant limitées. Le gouvernement a pris l'affaire en mains. A Blankenberghe, par exemple, on a essayé divers procédés d'épuration et il y a quelques années, on a construit des filtres à sable.

Les eaux sont prises aux fossés qui sillonnent les prairies et qui aboutissent tous plus ou moins directement à la mer. De temps en temps, la teneur en sel marin augmente brusquement jusqu'à rendre l'eau inbuvable. La faune et la flore sont d'une désespérante pauvreté. En fait de Diatomées, il y a d'assez grands *Synedra* et des *Cyclotella*

rabougries. Chose curieuse, il se forme par-ci par-là sur le filtre des paquets d'une substance épaisse, noire et visqueuse, où le microscope ne décèle aucune structure bien nette; on y trouve des Éponges, beaucoup de *Difflugia*, des carapaces d'*Arcella* et beaucoup de petites carapaces, probablement d'Ostracodes. Les Rotifères sont nombreux; assez bien d'Angillules et les Oligochètes *Æolosoma* et *Enchytræus*, ces derniers assez fréquents. Les *Æolosoma* avaient les gouttelettes couleur orange vif; la plupart des autres organismes microscopiques avaient le protoplasme très noir; les Infusoires avaient l'aspect comme s'ils avaient subi l'action d'une faible solution d'acide osmique. Dans l'eau d'amenée, on trouve parfois les Infusoires *Cœnomorpha* et *Metopus*, signalés comme habitant à la fois les eaux douces et l'eau de mer.

En rapport avec ces conditions biologiques spéciales, les filtres de Blankenberghe présentent dans leur marche plusieurs particularités. Il ne se forme pas une couche continue colmatante; par conséquent, la perte de charge est minime et les filtres peuvent fonctionner trois ou quatre mois avant de montrer une diminution sérieuse de débit. La nature de l'eau elle-même est pour beaucoup dans cette longue durée des filtres; elle contient très peu de matières en suspension, car dans son parcours à travers les fossés, elle a pu se dépouiller par décantation; elle ne contient presque pas de vase.

Pendant la plus grande partie de l'année, en dehors de la saison, la vitesse de filtrage est fort réduite. Néanmoins, l'amélioration chimique est minime; les matières organiques sont à peine diminuées et la couleur jaune de l'eau brute persiste dans le filtrat, un peu atténuée. Mais ce qui est fort remarquable, c'est une efficacité très suffisante de purification bactériologique; l'eau brute renferme généralement un bon millier de Bactéries, ce qui est relativement peu; l'eau filtrée n'en renferme plus que trente, et une colonie à aspect coliforme est une rareté. Il est vrai que pour obtenir un pareil résultat, après un nettoyage, il faut un temps assez long : deux à trois semaines; mais on peut notablement réduire cette période de préparation par le sulfate d'alumine. On peut très exactement régler le colmatage et la perte de charge en réglant la dose du réactif à ajouter.

Ce qu'il y a de plus important dans ces résultats de Blankenberghe, c'est qu'ils confirment la grande influence purificatrice de la végétation, malheureusement par la preuve contraire. C'est, ensuite,

qu'ils démontrent la disjonction de l'action chimique sur les matières organiques dissoutes et de l'action de rétention microbienne; ces deux actions ne sont pas connexes, puisque la seconde peut se produire sans la première. Cette diminution des Microbes est probablement, en premier lieu, une rétention mécanique; mais il doit y avoir aussi une véritable action destructive, car autrement les filtres finiraient par être complètement saturés et infectés, ce que les analyses quotidiennes du filtrat démontrent ne pas être le cas. On peut voir par cet exemple qu'il reste encore bien des problèmes à résoudre.

Les divers organismes qui se développent dans les filtres, soit à la surface du sable comme partie intégrante de la couche active, soit dans la masse de l'eau au-dessus du sable, peuvent donner lieu à quelques remarques intéressantes.

Pour ce qui concerne les Diatomées, il était tout indiqué de s'adresser au directeur du Jardin botanique d'Anvers, le Dr H. Van Heurck, le spécialiste bien connu pour d'importants travaux descriptifs sur ces Algues microscopiques. Ci-après extrait d'une lettre qu'il m'a écrite :

« Comme, pendant l'hiver, les eaux dépourvues de végétaux supérieurs laissent largement pénétrer la lumière, indispensable aux Diatomées, c'est à cette époque aussi que l'on trouve en quantité les formes qui vivent sur la vase et sur les objets immergés. Le *Fragilaria capucina*, la forme la plus commune dans nos environs, apparaît ensuite; on la trouve flottant par quantités considérables sous forme de grands flocons bruns. Quant aux *Synedra*, qui sont des parasites, on ne les trouvera que quand des Algues supérieures (*Spirogyra*, etc.) ou des phanérogames leur donneront le support nécessaire. Il est bien connu aussi — William Smith le dit déjà en 1853 — que, après la division, les individus quittent fréquemment leur coussinet ou leur stipe gélatineux, et qu'on les trouve alors à l'état libre. C'est ainsi qu'ils sont arrivés sur les filtres de Waelhem.

« Ces filtres ont permis de vérifier sur une échelle immense les renseignements que les diatomistes n'avaient pu apprendre que petit à petit, par des recherches incessantes et au prix de beaucoup de fatigues. Le rôle considérable que les Diatomées jouent dans la purification des eaux a pu aussi être mis bien en lumière et semble être encore bien plus considérable qu'on le croirait en voyant ces êtres minuscules.

« Le fait le plus curieux que je relève dans votre travail, c'est la présence et même l'abondance d'un *Coscinodiscus*. J'ai pu constater sa présence dans la plaque de culture que vous m'avez remise. C'est la forme de *Coscinodiscus* que j'ai figurée et décrite sous le nom de *Coscinodiscus subtilis*, var. *Normanni* (Greg.) H. V. H. dans mon *Traité des Diatomées* (1899) et dans mon *Synopsis* (1885). Rattray, dans sa monographie des *Coscinodiscus*, a admis cette détermination, car il cite, à l'appui de son texte, et ma figure et le n° 532 de mes types, quoiqu'il fasse une espèce de ce qui ne me semble qu'une variété. Et cependant mon type n° 532, qui est du Holstein, n'est pas tout à fait conforme à ma figure, qui est faite d'après un exemplaire de l'Escaut à Anvers. Mon type a des ponctuations plus grandes, se rapprochant de la forme alvéolaire vers le centre de la valve. La figure de Greville, qui le premier décrivit la forme à la suite d'une communication manuscrite de Gregory, montre cette dernière structure, et c'est cette figure aussi qui a servi aux déterminations de tous les auteurs.

« Je me demandais si je n'avais pas été induit en erreur et si ma forme ne constituait pas un type propre à l'Escaut quand j'ai pu, heureusement et par une véritable chance, résoudre la question qui me paraissait d'abord insoluble. J'ai pu retrouver dans ma collection de Walker-Arnott, la récolte originale de Normann, récolte qui avait servi à la création du type de Gregory, et j'y ai étudié la forme qui nous occupe. Cette étude me montre que je suis dans le vrai et que la figure donnée par Greville est légèrement fautive.

« Ce luxe de détails vous paraîtra à première vue superflu, mais j'arrive au motif qui me les fait vous donner et qui exigeait que je fusse absolument certain de l'identité de ma forme

« Le *Coscinodiscus Normanni*, Greg., semble être une forme marine, comme le sont d'ailleurs à peu près tous les vrais *Coscinodiscus*, car la récolte de Normann a été faite à Hull, dans des estomacs d'Ascidies. L'intérêt que présente le *Coscinodiscus* de Waelhem, c'est le doute qu'il fait émettre sur son habitat. Ce *Coscinodiscus*, qui était considéré par tous les auteurs comme une forme marine, ne serait en réalité qu'une forme d'eau saumâtre, se contentant au besoin d'une quantité de chlorure de sodium extrêmement minime, comme c'est le cas des eaux de Waelhem où il n'y en a guère que 25 à 30 milligrammes par litre. Sa présence dans des estomacs d'Ascidies ne serait que fortuite, et le cas serait identique à celui signalé par le Dr Dic-

kie, qui découvrit également des *Himantidium*, *Tabellaria*, etc., dans des estomacs d'Ascidies à 6 milles de la côte.

« Ce qui semble encore me confirmer dans l'idée que ce *Coscinodiscus*, que l'on croyait jusqu'à maintenant marin, ne serait en réalité qu'une espèce saumâtre, c'est qu'en consultant le livre de bord de mon yacht, j'y remarque que les 12 et 13 août 1890, — dates qui correspondent à celles où le *Coscinodiscus* a été abondant, cette année, dans vos filtres, — j'ai dragué tout l'Escaut de Gand à Tamise, et que partout, aussi bien au fond que sur la vase des rives, je n'ai trouvé à peu près exclusivement qu'une Diatomée discoïde qui, d'après le nouvel examen que je viens d'en faire, se montre bien être le *Coscinodiscus subtilis*. Mon exemplaire toutefois est en général un peu plus petit et à perles un peu plus grosses que celui de la forme que vous avez récoltée à Waelhem, mais je n'attache pas une grande importance à ces minimes variations. »

D'après une communication verbale de M. Racovitza, un *Coscinodiscus* fort semblable si pas identique est très fréquent dans les régions antarctiques.

Parmi les végétaux, il n'y a plus qu'à mentionner les Oscillariées qui parfois se développent en couche assez épaisse et peuvent alors brusquement donner un mauvais goût à l'eau, et surtout les formes flottantes *Anabœna* et *Aphanizomenon*, dont il a déjà été question. Il est remarquable que ces deux espèces sont rares sur la pellicule. A la vérité, elles sont flottantes, mais beaucoup n'en doivent pas moins se déposer quand il a passé une grande quantité d'eau et surtout quand un abaissement brusque de la température a clarifié l'eau. Cette disparition doit résulter d'une décomposition rapide. J'ai trouvé beaucoup d'autres organismes à Waelhem, *Asterionella*, *Synura uvella*, *Uroglena* (ces deux derniers des Flagellés), qui ont été cause de sérieux ennuis en Amérique ; heureusement, ils ne m'ont pas gêné jusqu'ici.

Il n'en est pas de même des Crustacés cladocères. La forme la plus commune est *Daphnia*, puis *Bosmina*, mais il y a une très grande variété et les filtres à Waelhem ont fourni bon nombre d'espèces non renseignées dans la *Faune* de Lameere. La forme nouvelle la plus intéressante pour la Belgique est *Leptodora hyalina*.

Les Cladocères deviennent nombreux au printemps, mais on ne trouve que des femelles. Chaque individu forme un certain nombre

d'œufs, qui se développent dans une poche incubatrice dorsale, sans fécondation préalable; c'est donc un cas de parthénogénèse. Comme les générations agames se succèdent rapidement, on comprend que le nombre des individus s'accroisse; ils infestent les réservoirs de décantation, les filtres; on voit de gros nuages se mouvoir dans l'eau. Leurs cadavres recouvrent le sable et la couche filtrante est impuissante pour détruire toute la matière organique qui entre en dissolution. C'est d'ordinaire en juin que se produit cette pullulation; en 1898, le printemps et le commencement de l'été ayant été très froids, les Crustacés ne sont devenus un peu nombreux qu'en août. En 1896, leur développement a été absolument extraordinaire; j'ai été forcé de tamiser toute l'eau allant aux filtres en la faisant passer par des écrans de toile métallique et pendant plusieurs semaines, nuit et jour, il a fallu six hommes pour changer constamment les écrans; j'évalue à 10 tonnes (10,000 kilogrammes) au moins, la quantité de Crustacés ainsi enlevés.

A mesure que la saison avance, on voit apparaître les mâles en petit nombre et les femelles ne produisent plus que deux œufs, mais de dimensions plus grandes, qui s'entourent d'une coque formée par la cavité incubatrice; cette coque a quelque peu l'aspect d'une selle, ce qui lui a valu le nom d'*éphippium*. Ce sont les œufs d'hiver qui doivent être fécondés et qui ne se développeront qu'au printemps suivant. Quand nous voyons apparaître les œufs d'hiver, nous savons que c'est le commencement de la fin. Les éphippies flottantes sont poussées par le vent dans un coin du filtre; on les enlève au filet et on les transporte sur les champs dans une brouette.

Il y a des variations annuelles étendues dans le nombre et la nature des Cladocères. Ainsi, en 1898, *Leptodora* pullulait; l'année suivante, elle a été recherchée tout spécialement, pour faire des envois aux universités : on n'a pu en recueillir que quelques exemplaires. Depuis lors, elle a de nouveau apparu en plus grand nombre, mais plus jamais avec la même abondance qu'en 1898.

Les causes qui amènent la pullulation de telle ou telle forme, doivent en dernière analyse se ramener à des conditions de nutrition. On peut concevoir que la pullulation d'une espèce d'Algue favorise la multiplication d'une forme de Crustacé, dont elle est la nourriture préférée. La pullulation de cette forme phytophage aura pour résultat de permettre le développement des Cladocères carnassiers, dont par exemple *Leptodora*. L'examen du tube intestinal pourrait

fournir des renseignements intéressants, comme on l'a vu pour *Asellus* et *Gammarus* à Rotterdam. Les filtres de Waelhem offriraient un champ favorable pour cette étude. Toutefois, on peut prévoir une difficulté : la plupart des Cladocères paraissent omnivores. Cela résulte du moins d'un travail de F.-W. Knörrich (*Berichte Plön*, 8, 1901, p. 1). L'auteur a étudié l'alimentation de *Daphnia*, parce que ces Crustacés sont la nourriture principale des poissons d'eau douce, surtout des carpes. La couleur du contenu intestinal donne déjà une indication : verte, brune ou noir grisâtre; cette dernière couleur indiquerait de la nourriture animale et alors le microscope ne décèle plus aucune structure, à cause de la rapidité de la digestion. Knörrich a aussi constaté du cannibalisme, la nutrition par les Microbes et les Champignons inférieurs et même l'utilisation de la matière organique dissoute; dans ce dernier cas, pour des organismes élevés dans des solutions filtrées et aseptiques, « le contenu de l'intestin n'était pas noirâtre, mais brun jaunâtre presque transparent ». Les essais ont été faits avec des *Daphnia* dont un certain nombre étaient isolées dans des vases et recevaient comme nourriture une culture pure d'une Algue, *Chlorella*, ou une infusion de foin, etc. Quelques-unes des expériences paraissent assez singulières, par exemple l'addition d'urine de chien à 1 sur 200, ou l'emploi d'une infusion de foin concentrée presque comme un sirop; les animaux mouraient. Du reste, l'auteur lui-même reconnaît que toutes les expériences de culture forcément s'écartent beaucoup des conditions naturelles. L'observation des animaux dans leur milieu ordinaire et normal est certainement plus difficile et plus longue; mais elle semble pouvoir donner des résultats plus certains. Le rôle de l'expérimentation consiste à faire se produire les phénomènes dans des conditions bien déterminées; pour simplifier, on modifie une seule des conditions et le changement dans le phénomène produit peut alors légitimement être mis en rapport de causalité avec la modification dans les conditions. Mais avec les êtres vivants, on n'est jamais sûr de ne modifier qu'une seule condition; un changement peut avoir des effets multiples, et alors qu'on croit avoir simplifié, on a en réalité compliqué.

Il est arrivé parfois en été que successivement divers filtres montrent un dérangement. Leur marche a été normale et régulière, les résultats bactériologiques tout à fait satisfaisants, la perte de charge,

indicatrice du colmatage, s'est graduellement accrue. Après une dizaine de jours, assez brusquement cette perte de charge diminue, le filtre est de nouveau devenu plus perméable, mais le nombre de Microbes augmente dans l'eau filtrée. Quand alors un tel filtre est mis à sec, on remarque que la surface est comme finement chagrinée. A la loupe, on peut constater que chacune des inégalités est un petit tube, formé de grains de sable agglutinés. C'est la demeure construite par la larve d'un Insecte diptère, *Chironomus plumosus*. Cette larve est aquatique et rouge sang. Aussi longtemps que les tubes sont occupés, tout va bien; mais quand la larve quitte le tube pour se métamorphoser en insecte ailé, le filtre est comme un crible. Mais alors les hirondelles viennent tournoyer au-dessus de ce filtre pour attraper les insectes. L'expérience a appris ce que cela veut dire; on n'attend plus les trois jours nécessaires au développement des plaques de culture bactériologique; le filtre est immédiatement mis sous surveillance spéciale et son débit est réduit jusqu'à ce que la couche superficielle s'est reconstituée dans son homogénéité. Il est curieux de voir les hirondelles fonctionner comme indicateur pour régler la manœuvre des filtres. Les œufs de Chironome sont groupés dans un cordon gélatineux et parfois la paroi du filtre au niveau de l'eau est entièrement garnie de ces cordons.

Un autre Insecte, qui ne s'est pas encore montré encombrant, mais qui mérite cependant d'être surveillé, est le *Corixa*, voisin du genre bien connu *Notonecta*. L'espèce la plus commune, *C. striata*, a les trois paires de pattes fort différentes. La paire antérieure est courte, épaisse et courbée en dedans; la paire moyenne est longue, grêle et pendante; la paire postérieure est longue et puissante, dirigée en arrière et garnie de soies sur un bord. Les mœurs de l'animal expliquent cette spécialisation. La paire moyenne grêle et pendante sert à saisir une pincée de détritus au fond de l'eau; l'insecte s'élève avec ce paquet, utilisant la paire postérieure comme des rames natatoires et fourrageant avec la paire antérieure dans le paquet. Arrivé à une certaine hauteur, il laisse aller sa charge et redescend pour commencer à nouveau. Avec trois ou quatre individus dans un grand bocal et quand le soleil brille, en une demi-heure tout le fond est remué et l'eau est entièrement troublée. Heureusement que les *Corixa* ne sont guère nombreux dans les filtres, car autrement ils pourraient devenir extrêmement incommodes.

Il y a à mentionner, dans cette ménagerie particulière de l'ingénieur des eaux, deux espèces de Poissons : l'Anguille et l'Épinoche.

A plusieurs reprises, on a vu, en ouvrant un robinet domestique, sortir une anguille. Le cas s'est présenté à Londres il y a quelques années, et tous les journaux s'en sont occupés. A première vue, il semble impossible d'expliquer la présence d'un animal de cette taille, autrement que par l'introduction d'eau de rivière directement dans la canalisation et sans passage préalable par les filtres. Seulement, le cas s'est produit dans des installations où il n'y avait aucune communication directe de ce genre et où par conséquent une telle introduction d'eau était une impossibilité matérielle. La chose peut s'expliquer aisément quand on tient compte des mœurs de l'animal. C'est un fait connu que l'anguille peut sortir de l'eau et accomplir des voyages à l'air; les jeunes anguilles montent sur des surfaces verticales de plusieurs pieds de hauteur, surtout quand une mince nappe d'eau coule le long de la paroi. Beaucoup de filtres ont des tuyaux à l'air libre communiquant avec le gravier du fond et munis d'un flotteur pour indiquer le niveau de l'eau sous le sable et, par conséquent, la perte de charge due au filtrage; comme il est indispensable de laisser se perdre les premières eaux d'un filtre nouvellement nettoyé, il faut un tuyau menant vers un réservoir autre que celui d'eau pure; même quand ce tuyau débouche au-dessus du niveau de l'eau dans ce réservoir, l'anguille peut s'élever le long de la paroi externe et s'introduire ainsi dans les canivaux sous le gravier et de là gagner la canalisation de distribution. Tous les débouchés de ce genre doivent être soigneusement protégés par des chapeaux en toile métallique.

A l'usine de Waelhem, l'eau des bassins de prise est levée par des vis d'Archimède pour être versée sur les filtres; dans le bac où débouche en haut la vis, il y a un écran en toile métallique assez serrée. Le lundi 24 mai 1899, une de ces vis cassa, et il fallut mettre en marche une pompe centrifuge; la disposition du tuyau de décharge de cette pompe est telle qu'il faut enlever l'écran du bac. Les analyses bactériologiques de ce jour donnaient pour les filtres n°s 3, 7 et 8, respectivement 14, 34 et 32 colonies par centimètre cube. Le lendemain, ces mêmes filtres donnent 258, 292 et 242; le surlendemain, les résultats sont redevenus normaux.

Le filtre n° 7 fut nettoyé le jeudi 27 mai. On constata que la surface présentait en certains endroits des perforations nombreuses, assez régulièrement distribuées autour d'un centre occupé par un

grand trou de plusieurs centimètres de longueur. Il y avait une vingtaine de ces constellations, occupant une surface totale de 12 mètres carrés environ. Le directeur du filtrage crut d'abord que l'air ayant pu s'introduire sous le sable, avait, en s'échappant, formé ces petits cratères, et des observations furent faites aux ouvriers qui auraient été coupables de négligence en ne signalant pas une baisse trop forte de l'eau; toutefois, les ouvriers protestaient de leur innocence.

Le mardi 2 mai, ce fut au tour du filtre n° 8 d'être nettoyé et l'on y trouva une centaine de ces constellations. Un examen attentif fit découvrir que dans le trou central de chacune d'elles, sous une couverture d'algues, de brindilles et de petites pierres, il y avait une masse d'œufs : c'était un nid d'Épinoches (*Gasterosteus aculeatus*).

Le filtre n° 4, nettoyé le 4 mai, présentait le même caractère, mais moins marqué.

L'enlèvement des écrans a permis aux Épinoches d'arriver sur les filtres. On sait que le mâle construit un nid et prend soin des jeunes, comme c'est du reste la règle générale chez les Vertébrés inférieurs. Quand il a fait choix d'un emplacement, il y creuse un trou qu'il garnit de brindilles; c'est probablement en cherchant ses matériaux de construction qu'il fore les nombreux trous qui entourent sa demeure et qui sont tous obliques en dehors et en bas.

Les Mollusques font entièrement défaut sur les filtres; il n'y a pas non plus de Bryozoaires fixés aux parois. Il y a cependant dans l'eau assez de spores. Dans les bassins de décantation, j'ai suspendu quelques flacons ouverts pour avoir toujours sous la main du matériel à examiner. Quand on en retire un après quelques semaines, c'est un vrai musée zoologique; à l'intérieur, il y a une centaine d'Hydres, et, à l'extérieur, des colonies de *Plumatella repens* en pleine croissance, ainsi que des colonies rampantes de *Cristatella*. L'absence de ces formes fixées est donc uniquement une question de support, le sable ne convenant pas, comme Kræpelin l'a déjà dit pour Hambourg. Seules, les *Cristatella* sont parfois assez nombreuses sur les filtres.

Les Bryozoaires n'en ont pas moins été fort gênants à Waelhem. L'eau brute est prise à la rivière dans des bassins de décantation ouverts par des tuyaux traversant la digue et ayant $1^{m}75$ de diamètre. Comme la rivière est sujette à marée et qu'aux divers moments de la marée la composition chimique et bactériologique

diffère beaucoup, la prise se fait en quarante minutes. Il y a donc un courant momentané et très rapide dans ces grands tuyaux, du reste fort courts; ils n'ont comme longueur que la traversée de la digue. Quelques *Dreissensia* se fixent dans l'encoignure des joints, là où ils sont soustraits à l'impact du courant.

L'eau décantée est prélevée au moyen de tuyaux flottants et articulés et conduite par un tuyau en fonte de 24 pouces (60 centimètres) à environ 200 mètres de là, dans le puits des pompes spirales; puis, par un canal ouvert vers les filtres. Ce canal ne donne jamais d'ennui. Mais il n'en est pas de même du tuyau de 24 pouces. Au bout de cinq ans, il en sortait des paquets de 10 centimètres d'épaisseur, qui obstruaient parfois le treillis des bacs où se déversent les pompes spirales. Les ouvriers désignaient ces paquets comme « mousse »; c'était des tubes cornés de Bryozoaires avec les Crustacés et les Vers comme à Hambourg. Le diamètre du tuyau devait être réduit à environ 40 centimètres et à plusieurs reprises on put constater que l'eau se contaminait comme odeur par son passage à travers ce tuyau.

Il était donc urgent de procéder à un curage. Mais ce tuyau était à plusieurs mètres sous terre et dans un très mauvais terrain, à côté de constructions importantes. Un nettoyage par raclage eut été fort difficile. L'introduction d'une sphère mobile comme au siphon du pont de l'Alma n'aurait pas enlevé les tubes soudés à la paroi; la sphère aurait été coincée et aurait ainsi constitué un grave danger. Des corrosifs chimiques auraient été coûteux et auraient attaqué le métal plutôt que les Bryozoaires. Finalement, le moyen appliqué a été la chaleur par condensation de la vapeur d'une chaudière dans le puits des pompes spirales, les bouts articulés des tuyaux flottants dans les réservoirs de décantation étant relevés hors de l'eau. Quand dans ces bouts articulés il y avait une température d'environ 70°, les flotteurs ont été de nouveau abaissés, les pompes spirales mises en marche à pleine vapeur pour créer une chasse énergique dans le tuyau. Ce moyen eut un plein succès. Les Bryozoaires étaient détachés des parois, tout était mort et il sortit du tuyau plusieurs mètres cubes de Polypes. On peut se renseigner assez exactement sur la croissance à nouveau de cette faune fixée par le plankton du canal ouvert alimentant les filtres : la quantité de déjections de Bryozoaires indique s'il y a utilité à appliquer de nouveau la vapeur. Une application par an suffit pour maintenir le tuyau en parfait état.

Dans la couche supérieure des filtres, il y a souvent beaucoup de Rhizopodes, des Amibes nues à pseudopodes lobés, ou a pseudopodes plus grêles (*A. radiosa*). En outre, quand on examine attentivement la masse amorphe qui est toujours abondante dans chaque préparation microscopique, on remarque des sphères creuses de grains de sable agglutinés, ressemblant à *Pseudodifflugia ;* assez souvent on voit sortir de l'orifice le bouquet de pseudopodes acuminés. Le nombre de ces organismes est parfois si considérable que probablement ils jouent un rôle assez important dans l'épuration, peut-être par la destruction des microbes.

J'ai trouvé assez fréquemment une forme énigmatique décrite par Frenzel (Protozoen Argentiniens) sous le nom de *Gringa filiformis* et représentée par cet auteur planche IV, figures 21 et 22. Je trouve toujours les exemplaires comme la figure 22 : un corps en triangle allongé, avec les deux angles de la base proéminents comme deux cornes droites et assez épaisses, de longueur variable ; parfois ces cornes sont fourchues, divisées dichotomiquement une fois. Le corps semble entouré d'une membrane, à travers deux trous de laquelle sortent les cornes. Contrairement à Frenzel, j'ai toujours trouvé les exemplaires à contours nets et réguliers, non ondulés et je n'ai jamais pu voir le moindre mouvement.

Les échantillons de la pellicule sont prélevés comme suit : au moyen d'une bêche, on prend une épaisseur d'environ $^1/_2$ centimètre de la couche superficielle du sable ; on fait glisser cette lame de sable, de la bêche dans une capsule de Petri, employée pour les cultures bactériologiques, on met le couvercle et le tout me parvient ainsi à mon laboratoire à Anvers. La lame de sable est alors retournée sur une feuille de papier et retournée de nouveau dans un cristallisoir, de façon que la face supérieure soit remise au-dessus, en situation normale ; on verse alors doucement de l'eau dans le cristallisoir pour recouvrir le sable. La plaque de Petri peut aussi être placée telle quelle dans le cristallisoir, ce qui évite les manipulations du transfert. D'autres fois, la plaque de Petri est laissée telle quelle et se dessèche alors très lentement. Les plaques ainsi abandonnées à elles-mêmes pendant deux ou trois jours donnent le plus de *Gringa ;* alors que sur l'échantillon frais cet organisme est très rare, sur la plaque vieillie et déjà un peu desséchée, il y en a une cinquantaine dans chaque préparation. Cette circonstance permettrait de soupçonner que *Gringa* est un stade enkysté, probablement de quelque Rhizopode nu.

Les filaments de *Melosira* portent parfois un certain nombre de tubercules extérieurs de forme conique surbaissée, d'une couleur brun-rouge foncée, avec une petite ouverture ronde au sommet, laquelle apparaît comme une tache claire. On pourrait le mieux comparer à un volcan avec son cratère. Je n'ai jamais vu sortir de filaments pseudopodiques. Je n'ai rien trouvé dans la littérature.

Les grandes Oscillaires sont parfois modifiées par quelque chose qui semble bien être un parasite. L'une des extrémités du filament est désorganisée ; les cloisons sont brouillées, le contenu est granuleux et il y a un changement de couleur ; le vert bleuâtre de la plupart des espèces, le gris de *O. Frœhlichi* est devenu jaune. Tout à fait à l'extrémité du filament, en dehors, il y a une ou plusieurs masses de protoplasme, pyriformes parce qu'elles poussent un prolongement dans le filament. On peut suivre ce prolongement à travers les cloisons. Le protoplasme du parasite ne se charge pas de la matière colorante de l'Algue et n'émet pas de pseudopodes autres que ce long prolongement.

BULLETINS DES SÉANCES

31 mars 1904.

BULLETINS DES SEANCES

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE ZOOLOGIQUE ET MALACOLOGIQUE

DE

BELGIQUE

Assemblée générale du 10 janvier 1904.

Présidence de M. Dautzenberg.

La séance est ouverte à 3 heures.

M. le baron van Ertborn, vice-président, fait excuser son absence.

Rapport du Président.

Messieurs,

Nous venons d'entrer dans la quarante et unième année d'existence de notre Société. Elle compte actuellement 104 membres, dont 71 effectifs, 3 membres à vie, 2 protecteurs, 11 honoraires et 17 correspondants. Parmi eux nous possédons encore trois membres fondateurs : MM. Dewalque, Fologne et Weyers.

Dans le courant de l'exercice écoulé, nous avons admis dix membres effectifs nouveaux : MM. Arndt, Desneux, baron de Vrière, Masay, Quinet, Schouteden, Severin, Thum, Van de Wiele et Willem.

D'autre part, nous avons eu à enregistrer le décès de notre regretté ancien président M. Crépin et la démission de M. Goffart.

Les publications ont suivi régulièrement leur cours et le tome XXXVII (1902) des *Annales,* le dernier qui ait paru sous le titre de « Société Royale Malacologique », a été distribué le 31 octobre 1903. Le tome XXXVIII (1903), qui sera le premier paraissant sous le titre de « Société Royale Zoologique et Malacologique », est actuellement sous presse et sera distribué prochainement. Les feuilles 1 à 7 des *Bulletins* de 1903 ont déjà été adressées aux membres.

Notre bibliothèque n'a pas cessé de s'enrichir par des dons assez nombreux, dont il est inutile de vous faire l'énumération puisqu'elle figure dans les *Bulletins.* De nouveaux échanges ont été consentis.

En outre de la reconnaissance que nous devons exprimer à notre Secrétaire général, M. de Cort, et à notre Trésorier, M. Fologne, qui depuis des années ne cessent de travailler à la prospérité de la Société, nous avons à adresser de bien vifs remerciements aux Conseils d'administration de la Ville de Bruxelles et de l'Université libre, à la bienveillance desquels nous devons le local dans lequel se trouvent installées notre bibliothèque et nos collections, ainsi qu'au Gouvernement et à l'Administration provinciale du Brabant, qui nous viennent en aide par leurs subsides.

Permettez-moi d'évoquer aujourd'hui quelques souvenirs de jeunesse : J'étais bien ignorant en matière conchyliologique lorsque j'ai été, en 1866, admis à faire partie de la Société Malacologique, mais l'accueil qui m'a été fait par nos anciens et spécialement par Jules Colbeau, a déterminé ma vocation. C'est cet homme excellent qui m'a encouragé dans mes débuts et c'est avec un sentiment de bien sincère reconnaissance que je me souviens des bonnes heures passées en sa compagnie. Quelques-uns d'entre nous se rappellent comme moi les agréables et instructives soirées passées dans son cabinet de travail, où sa bibliothèque et ses collections étaient à notre disposition.

Lorsque Jules Colbeau rapportait des coquilles de ses excursions personnelles ou en recevait de ses correspondants, il nous distribuait généreusement ses doubles. Il faisait ainsi une propagande scientifique désintéressée dont nous avons largement profité.

Ne pourrions-nous pas chercher aujourd'hui à donner un nouvel essor à notre association en prenant exemple sur ces anciennes et bonnes traditions, et ne verrions-nous pas venir à nous des débutants avides de s'instruire, en leur fournissant libéralement des matériaux d'étude ou en leur montrant des collections intéressantes?

Les collections formées par la Société ont été délaissées depuis nombre d'années; nous ne demandons plus à nos confrères de l'étranger des envois de coquilles vivantes ou fossiles.

Je sais bien que l'entretien matériel d'une collection demande beaucoup de temps et de soins; aussi n'ai-je pas l'intention de vous proposer la réorganisation de nos collections, pour lesquelles l'espace ferait d'ailleurs défaut; mais ne pourrions-nous pas, à l'exemple de certaines sociétés anglaises, provoquer, à l'occasion de nos réunions, l'exposition par des membres de bonne volonté de certains groupes d'espèces ou de familles locales ou la présentation d'échantillons intéressants?

Ne pourrions-nous pas aussi organiser des excursions plus fréquentes?

C'est dans cette voie, me semble-t-il, qu'il faudrait chercher à donner de la vitalité à notre institution. Et maintenant que le cadre de nos études se trouve élargi, puisque nous pouvons aborder toutes les branches de la zoologie, le programme de ces expositions et de ces excursions serait plus étendu.

Notre désir à tous étant de concourir à la propagation, dans notre pays, des sciences zoologiques, je me suis permis de vous indiquer certains moyens qui me paraissent de nature à favoriser ce résultat. Je suis convaincu que vous en trouverez d'autres et je termine, Messieurs, en vous exhortant à diriger tous vos efforts vers le but que nous avons l'ambition d'atteindre. (*Applaudissements.*)

Rapport du Trésorier.

M. Fologne expose la situation financière de la Société, la vérification des écritures ayant été faite par la Commission des Comptes. Il présente ensuite le projet de budget pour l'exercice 1904, que l'Assemblée approuve.

Des remerciements sont adressés à M. Fologne qui, depuis trente-trois ans, a bien voulu remplir les fonctions ingrates de Trésorier.

Jours et heures des séances mensuelles.

L'Assemblée décide le maintien des séances aux premiers samedis de chaque mois à 4 $^1/_2$ heures précises, sauf en août et septembre. Ces réunions auront donc lieu aux dates ci-après :

6 février;	7 mai;	1er octobre;
5 mars;	4 juin;	5 novembre;
2 avril;	2 juillet;	3 décembre.

L'Assemblée générale de 1905 se tiendra le dimanche 8 janvier et il n'y aura pas de séance le samedi 7 janvier.

Élections.

Conseil. — Les trois membres sortants rééligibles, MM. Daimeries, Fologne et de Cort, sont réélus, à l'unanimité. Ils sont proclamés membres du Conseil pour les années 1904-1905.

Commission des Comptes. — MM. Carletti, Delheid et Kruseman, sortants et rééligibles, sont, à l'unanimité, désignés pour continuer leurs mandats pour l'année 1904.

Excursion.

M. *Lameere* propose à la Société de se joindre aux excursions qu'il organisera cette année dans les environs d'Assenede durant la seconde quinzaine de juillet.

Cette proposition est adoptée.

M. *Lameere* annonce que cette année doit avoir lieu à Berne le VIe Congrès international de Zoologie; il recommande de profiter, pour assister à cette réunion, des trains de plaisir qui sont organisés chaque année vers la Suisse précisément à l'époque à laquelle aura lieu le Congrès et propose l'insertion aux *Bulletins* des circulaires qui seront successivement publiées pour faire connaître l'objet et l'orientation du Congrès.

L'assemblée est levée à 4 $^1/_2$ heures.

Séance du 6 février.

PRÉSIDENCE DE M. LAMEERE.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

MM. Dautzenberg et van Ertborn font excuser leur absence.

M. *Kemna* annonce le décès du Professeur von Zittel.

Correspondance.

La Société d'Histoire naturelle de la Prusse rhénane, à Bonn, annonce le décès de son président M. le Dr Aug. Huyssen. (*Condoléances.*)

M. *Lameere* dépose la circulaire ci-après :

VIe CONGRÈS INTERNATIONAL DE ZOOLOGIE (BERNE, 14-19 AOUT 1904).

Le Ve Congrès international de Zoologie tenu à Berlin, en 1901, a choisi la Suisse comme lieu de réunion de la sixième session et en a nommé président M. le professeur Dr PH. STUDER.

Le Congrès se réunira à Berne du 14 au 19 août 1904.

Le Comité d'organisation est composé comme suit :

MM. le Dr *Ph. Studer*, professeur à l'Université de Berne. *Président.*

le Dr *E. Beraneck*, professeur à l'Académie de Neuchâtel. *Vice-président.*

le Dr *H. Blanc*, professeur à l'Université de Lausanne. *Vice-président.*

le Dr *V. Fatio*, à Genève. *Vice-président.*

le Dr *L. Kathariner*, professeur à l'Université de Fribourg. *Vice-président.*

le Dr *A. Lang*, professeur à l'Université et au Polytechnicum de Zurich. *Vice-président.*

le Dr *E. Yung*, professeur à l'Université de Genève. *Vice-président.*

le Dr *F. Zschokke*, professeur à l'Université de Bâle. *Vice-président.*

MM. le Dr *R. Blanchard*, professeur à la Faculté de médecine de Paris, *Secrétaire général du Comité permanent des Congrès internationaux de Zoologie.*

le Dr *M. Bedot*, professeur à l'Université de Genève. *Secrétaire.*

le Dr *F. Carl*, assistant au Musée d'histoire naturelle de Genève. *Secrétaire.*

le Dr *W. Volz*, assistant à l'Institut zoologique de l'Université de Berne. *Secrétaire.*

E. von Büren-von Salis, banquier à Berne. *Trésorier.*

A. Pictet, banquier à Genève. *Trésorier.*

COMMISSION DES TRAVAUX SCIENTIFIQUES.

Outre le président et les vice-présidents du Comité :

MM. le Dr *H. Strasser*, professeur à l'Université de Berne. *Président.*

le Dr *E. Bugnion*, professeur à l'Université de Lausanne.

le Dr *R. Burckhardt*, professeur à l'Université de Bâle.

le Dr *H. Corning*, professeur à l'Université de Bâle.

le Dr *U. Duerst*, privat-docent à l'Université de Zurich.

le Dr *A. Forel*, professeur, à Chigny.

le Dr *F. Sarasin*, à Bâle.

le Dr *P. Sarasin*, à Bâle.

le Dr *H. Stehlin*, à Bâle.

COMMISSION DES FINANCES.

M. *E. von Büren-von Salis*, à Berne. *Président.*

COMMISSION DES PUBLICATIONS.

M. le Dr *M. Bedot*, professeur à l'Université de Genève. *Président.*

COMMISSION DES RÉCEPTIONS.

M. le Dr *H. Kronecker*, professeur à l'Université de Berne. *Président.*

COMMISSION DES LOGEMENTS.

M. le Dr *E. Hess*, professeur à l'Université de Berne. *Président.*

COMMISSION DES FÊTES.

M. le Dr *O. Rubeli*, professeur à l'Université de Berne. *Président.*

COMMISSION DES SUBSISTANCES.

M. le Dr *H. Graf*, professeur à l'Université de Berne. *Président*.

COMMISSION DE LA PRESSE.

M. le Dr *G. Beck*, à Berne.

Tous les Zoologistes et amis des Sciences peuvent faire partie du Congrès.

Les assemblées générales se tiendront à Berne dans le Palais du Parlement et les séances de sections dans la nouvelle Université.

Pendant le Congrès aura lieu une excursion à Neuchâtel et aux lacs du Jura pour visiter les Palafittes. La séance de clôture du Congrès se tiendra à Interlaken. Après la clôture, les membres du Congrès seront invités à visiter d'autres villes de la Suisse.

Les annonces de communications et les demandes de renseignements doivent être adressées au

Président du VIe Congrès international de Zoologie,
Musée d'Histoire naturelle,
Waisenhausstrasse,
BERN.

La Société silésienne à Breslau remercie pour les félicitations qui lui ont été récemment adressées.

Un « Comité Crépin » vient de se constituer dans le but d'honorer la mémoire du regretté directeur du Jardin Botanique de Bruxelles.

Bibliothèque.

DONS DES AUTEURS :

M. Cossmann : *Observations sur quelques coquilles crétaciques recueillies en France (5e article)* (EX : COMPTES RENDUS ASS. FRANÇ. POUR AVANC. DES SCIENCES. Congrès de Montauban, 1902 ; Paris, 1903).

G. Dewalque : *Une roche feldspathique à Coo (Stavelot)* (EX : BULL. ACAD. ROY. BELG.; Bruxelles, 1903). — *Carte géologique de la Belgique et des provinces voisines. — Notice explicative (2e édition)* et carte (plano) (EX : ANN. SOC. GÉOL. DE BELG.; Liége, 1903).

M. Leriche : *Note préliminaire sur une faune d'Ostracodermes récemment découverte à Pernes (Pas-de-Calais). — L'Éocène des environs de Trélon (Nord). — Sur une Pholade* (MARTESIA HEBERTI, *Desh.*) *du Tuffeau landenien (Thanetien) du Nord de la France. — Sur les relations des mers des bassins parisien et belge à l'époque ypresienne. — Le Pteraspis de Liévin (Pas-de-Calais)* : PTERASPIS CROUCHI, *Lankester* (EX : ANN. SOC. GÉOL. DU NORD ; Lille, 1903). — *Les Poissons du Paléocène belge. — Sur l'existence d'une communication directe entre les bassins parisien et belge, à l'époque ypresienne* (EX : BULL. ACAD. DES SCIENCES ; Paris, 1903).

M. Mourlon : *Résultat du Referendum bibliographique* (EX : ANN. SOC. GÉOL. DE BELG. ; Liége, 1903).

Des remerciements sont votés aux donateurs.

ÉCHANGE NOUVEAU :

Maryland Geological Survey, à Baltimore.

Communications du Conseil.

Sa composition pour l'année 1904 :

Président	MM.	Ph. Dautzenberg.
Vice-président . . .		le baron O. van Ertborn.
Trésorier		Ég. Fologne.
Membres		A. Daimeries.
—		A. Lameere.
—		É. Vincent.
Secrétaire général. .		H. de Cort.

Les fonctions de Bibliothécaire et de Conservateur des Collections seront respectivement remplies par MM. de Cort et Vincent.

Le titre de Bibliothécaire adjoint est maintenu à M. Carletti, et celui de Secrétaire adjoint est donné à M. Schouteden.

Ont été reçus membres effectifs : M. le Dr Van Heurck, directeur du Jardin Botanique d'Anvers, et M. l'avocat Bernays, à Anvers, présentés par MM. Kemna et de Cort.

Communication.

MORPHOLOGIE DES FORAMINIFÈRES ARÉNACÉS,

Par Ad. KEMNA.

1. Importance des Foraminifères arénacés. — 2. Description d'une forme simple : *Astrorhiza limicola*. — 3. Interprétation de la forme. — 4. Théorie de la coquille d'*Astrorhiza*. — 5. Les espèces du genre *Astrorhiza*. — 6. Rapports des diverses espèces d'*Astrorhiza*. — 7. Théorie de la coquille de *Rhabdammina*. — 8. Les espèces du genre *Rhabdammina*. — 9. Formes distylopodes. — 10. Formes polystylopodes. — 11. Le genre *Marsipella*. — 12. Formation d'une partie centrale tubuleuse. — 13. Incompatibilité de la croissance spirale et de la distylopodie. — 14. Stérilité phylogénique des Distylopodes. — 15. Les formes monostylopodes. — 16. Le genre *Hyperammina*. — 17. Variabilité des Monostylopodes. — 18. La fixation des polystolopodes. — 19. Le genre *Placopsilina*. — 20. Le genre *Dendrophrya*. — 21. Le genre *Haliphysema*. — 22. Le genre *Thurammina*. — 23. L'origine des perforations. — 24. Aires de perforations. — 25. Le col lagénoïde des Foraminifères perforés. — 26. Conclusions générales.

1. *Importance des Foraminifères arénacés.* — Les Foraminifères ont une coquille généralement formée par du calcaire sécrété, avec une ouverture ou pylome et fréquemment un grand nombre de fines perforations. Ce dernier caractère a été utilisé pendant longtemps pour établir une division en deux groupes, les Perforés et les Imperforés. Cette classification, presque entièrement abandonnée aujourd'hui, doit être reprise comme naturelle, car tous les Perforés sont en outre vitreux et orthostyles, tous les Imperforés, porcellaniques et flexostyles [1].

Un certain nombre de Sarcodiaires rhizopodiques forment leur coquille non par sécrétion, mais par agglutination de matériaux étrangers : particules vaseuses, sable à grains plus ou moins grossier, spicules d'Éponges. Cette formation de coquille a été mise en rapport avec la préhension des aliments : le Sarcodiaire saisit les matériaux avec ses pseudopodes et les accumule dans l'intérieur de son corps ; quand il produit un nouvel organisme par bourgeonnement au pylome, ou qu'il se construit une nouvelle coquille plus

---

[1] Ad. Kemna, « Sur le caractère naturel de la division des Foraminifères en Imperforés et Perforés » (*Société royale Zoologique et Malacologique de Belgique*, décembre 1902).

une forme analogue qu'il a nommée *Hæckelina gigantea*, mais qu'on considère maintenant comme synonyme d'*Astrorhiza limicola;* c'est l'opinion encore exprimée dans le dernier travail de Rhumbler; nous aurons toutefois à revenir sur cette assimilation. Dans les exemplaires de Bessels, ces rayons tubuleux sont un peu plus longs et les tiges protoplasmiques font saillie hors des tubes, de façon à être à nu sur une bonne partie de leur longueur. Cette particularité a une certaine importance, car elle permet de suivre les modifications de ces parties. Bessels a observé que ces tiges sont molles et flexibles, mais qu'elles ne sont pas contractiles; elles ne se retirent pas à l'intérieur des gaines et de la coquille; même des courants d'induction assez forts ont à peine quelque action. Le sarcode du corps dans le disque est d'un blanc grisâtre, celui des tiges est brun foncé. De ces tiges et d'elles seules, et généralement de leur bout libre, partent les filaments pseudopodiques. Ces observations confirment celles de Sandahl, mais en y ajoutant un renseignement important : la permanence des tiges protoplasmiques,qui semblent être, non des parties évanescentes, mais des organes différenciés.

Bessels a pu fournir en outre quelques renseignements sur le développement. Il a vu des portions détachées de protoplasme se mouvoir comme des Amibes, par émission de pseudopodes assez gros en forme de cône surbaissé; après quatre jours, quelques-uns de ces pseudopodes deviennent cylindriques et de leur extrémité distale partent alors des filaments, longs et minces, caractéristiques des Réticulaires. Il y aurait donc quelque chose comme une véritable embryologie, car il y a un stade lobé avant le stade réticulaire; les pseudopodes réticulaires ne se forment que sur le bout des tiges protoplasmiques.

Il semble y avoir une grande marge de variations dans le nombre et la longueur des rayons. Les formes décrites par F.-E. Schulze (1874) sous le nom d'*Astrodiscus arenaceus* ont les tubes fort courts comme chez les exemplaires de Sandahl. Au contraire, les figures de Brady et de Goes montrent des tubes fort longs, grêles et ramifiés au bout.

3. *Interprétation de la forme.* — L'aplatissement du disque, la localisation des rayons uniquement sur les bords sont des caractères en rapport à la fois avec la nature vaseuse, la finesse des matériaux de construction, la faible intervention de ciment et l'habitat sur le fond.

Plusieurs auteurs (Bessels, Eimer et Fickert) ont comparé *Astrorhiza limicola* à une Amibe recouverte de sable. Dans ce cas, les rayons devraient correspondre aux pseudopodes lobés, séparés par de profondes échancrures. Cette comparaison repose tout au plus sur des similitudes et ne peut avoir aucune portée morphologique. Le contour est constamment changeant chez l'Amibe; il est fixe et invariable chez *Astrorhiza*. On pourrait toutefois admettre un brassage continuel de la masse protoplasmique dans l'intérieur de la coquille, de façon que la substance dans une des gaines change constamment; mais ce serait une pure hypothèse, et les seuls faits connus, ceux observés par Bessels, semblent au contraire indiquer la fixité, la permanence des tiges protoplasmiques. Celles-ci ne sont pas elles-mêmes des pseudopodes, mais des tiges pseudopodiques, Pseudopodienstiele ou podostyles, comme chez *Lieberkuehnia*, *Gromia* et quelques autres organismes; ce sont des organes spécialisés, fruit d'une longue évolution des pseudopodes. Ils émettent les filaments du réseau uniquement par leur bout distal, d'où l'on peut conclure que ce bout est occupé d'une façon permanente ou temporaire par un protoplasme spécial.

Astrorhiza limicola n'est nullement une Amibe, mais un Polystylopode.

4. *Théorie de la coquille d'*Astrorhiza. — La coquille est composée d'éléments de fort petite taille, particules vaseuses ou grains de sable très fins; le ciment est faible en quantité et en force prenante. De là doivent dériver certaines conséquences mécaniques, qui doivent à leur tour influer sur la forme et plus ou moins déterminer l'évolution. Les diverses espèces du genre et leurs rapports réciproques ne peuvent bien se comprendre que quand ces conditions mécaniques sont connues.

Chez les Amibes lobées, la masse protoplasmique du corps change constamment de forme. Parmi celles qui sont protégées par une enveloppe sécrétée, tantôt cette enveloppe est rigide, tantôt elle est flexible et suit les mouvements du corps. Il y a aussi des Lobés agglutinants, mais toujours les matériaux sont unis par un ciment durci en une coquille cohérente rigide; les mouvements tumultueux du protoplasme dans l'émission et la rétractation des pseudopodes sont incompatibles avec une enveloppe de fins matériaux lâchement agrégés; une telle formation coquillière est possible chez *Astrorhiza*

parce que le corps lui-même ne doit plus changer ses contours et que la formation des pseudopodes est reportée à l'extrémité des tiges, sans quoi toute la masse se désagrégerait comme chez la *Myxotheca arenilega* de Schaudinn. La stylopodie est donc connexe avec le caractère limicole.

Dans le règne animal tout entier, pour les organes répétés un certain nombre de fois, la tendance est à la réduction et à la fixité du nombre. Si la même règle s'applique aux Protozoaires, nous pouvons nous attendre à voir diminuer le nombre des podostyles et, de fort variable, devenir fixe pour une même espèce ; en même temps, les podostyles conservés prendront des positions fixes les uns par rapport aux autres.

Généralement les organes conservés, ayant à accomplir la besogne des organes sacrifiés, héritent non seulement de la fonction des disparus, mais aussi de leur substance, par balancement organique. Nous pourrions donc nous attendre à voir les podostyles conservés plus gros, plus forts; mais ici intervient de nouveau une considération mécanique : la solidité des tubes décroît rapidement à mesure que s'accroît leur diamètre. Il se produira un compromis entre la tendance à grossir les tubes et les nécessités d'une protection efficace et de la résistance à la rupture.

La fragilité d'une forme étoilée comme *Astrorhiza limicola* résulte non seulement de la longueur des tubes rayonnants, de l'union lâche des matériaux, mais aussi de la différence de taille entre le disque et les rayons qui en partent. Plusieurs moyens se présentent à l'esprit pour pallier ces divers inconvénients; nous les énumérons sans ordre : tout ce qui diminue la saillie des rayons (leur raccourcissement ou bien le remplissage des échancrures qui les séparent, c'est-à-dire l'empâtement des angles rentrants); tout ce qui tend à diminuer la différence de taille entre le disque et les rayons (épaississement des tubes, soit simplement externe par épaississement des parois, soit par épaississement réel du podostyle : pachystylie ; ou bien réduction de la partie centrale).

Muni de ces renseignements préliminaires, nous pouvons aborder l'examen des espèces.

5. *Les espèces du genre* Astrorhiza. — Les espèces sont au nombre de huit; Brady en décrit cinq dans son *Rapport du Challenger;* Axel Goes en a ajouté trois.

1° *A. limicola*, suffisamment décrite ci-dessus;

2° *A. arenaria*, avec deux variétés; *a*) forme étoilée : le volume de la chambre centrale est assez réduit, de même que le nombre des podostyles; l'épaisseur de la paroi est très inégale par l'accumulation de matériaux dans les angles rentrants; *b*) forme branchue; toutes les cavités ont le même diamètre; la coquille a l'aspect d'une branche irrégulièrement divisée en rameaux, mais généralement tous dans le même plan. — Dans les deux variétés, il y a fréquemment obturation du bout des gaines podostylaires par du sable fin, plus faiblement agglutiné encore que la paroi de la coquille;

3° *A. angulosa*, petite chambre centrale sphérique d'où partent trois podostyles faisant entre eux des angles égaux; contour non rayonné, mais triangulaire, par empâtement complet des angles rentrants;

4° *A. furcata*, plus ou moins cordiforme, à trois rayons coniques; un gros et les deux plus minces représentant les ailes supérieures du cœur, rapprochés l'un de l'autre;

5° *A. vermiformis*, un tube plus ou moins tortueux;

6° *A. granulosa*, un tube droit, les extrémités portant les ouvertures, atténuées; cavité intérieure partout cylindrique, sans chambre centrale; ouvertures souvent obturées;

7° *A. crassatina*, comme le précédent, mais contour externe plus irrégulier; les ouvertures parfois fermées par un bouchon labyrinthique de sable. Pour la cavité interne, deux variétés : *renflée*, avec une petite chambre centrale au milieu du tube; *constrictée*, une constriction au lieu de chambre centrale;

8° *A. tenuis*, sable assez grossier, lâchement cimenté; tubes droits avec traces de cloisons superposées à l'intérieur.

Les espèces ont été énumérées dans l'ordre adopté par Rhumbler, uniquement pour la facilité des références et nullement parce que cet ordre serait naturel ou logique.

6. *Rapports des diverses espèces d'*Astrorhiza. — On peut constituer une série bien graduée des formes suivantes : *A. limicola*, *A. arenaria* variété étoilée, *A. angulosa*. Les variations consistent en une réduction du nombre et de la longueur des tubes rayonnés et du volume de la chambre centrale, en un empâtement des angles rentrants. Chez *A. angulosa*, le nombre de tubes est devenu fixe à trois, en position toujours la même : aux angles d'un triangle isocèle. La

différence avec *A. furcata* consiste uniquement dans l'inégale épaisseur des rayons, dont l'un est plus gros ; cette inégalité d'épaisseur est accompagnée d'une inégalité dans les angles; nous nous bornons à mentionner le fait ; son importance nous sera clairement révélée par le genre suivant *Rhabdammina*. Ces quatre espèces pourraient être groupées comme suit :

A. limicola,
A. arenaria, variété étoilée.

Irrégulière; éléments inégaux. *A. furcata.*	Forme triangulaire	Régulière; tous les éléments égaux. *A. angulosa.*

Pour les formes tubulaires, la variété renflée d'*A. crassatina* nous fournit les moyens d'interprétation. Le renflement médian qui existe parfois à l'intérieur peut être considéré comme le dernier reste d'une chambre centrale. Par voie de conséquence, les deux portions tubulaires séparées par cette chambre centrale deviennent chacune un podostyle : l'organisme est distylopode. Les deux podostyles sont semblables; par conséquent, ils font entre eux le même angle, un angle de 180° de chaque côté, c'est-à-dire qu'ils sont dans le prolongement l'un de l'autre et forment un tube droit; l'épaississement de la paroi revient à l'empâtement des deux angles rentrants. La distylopodie ou la forme tubulaire apparaît donc comme la continuation logique du même procédé de réduction du nombre de rayons. Il n'y a pas réduction de la longueur des deux rayons conservés, parce que l'animal ne peut pas se réduire à rien et que cette réduction de longueur n'est plus nécessaire : le tube droit aux parois épaisses peut garder ou acquérir une certaine longueur sans devenir pour cela plus fragile; l'ensemble est beaucoup plus solide que trois rayons même moins longs.

L'importance morphologique de cette trace de chambre centrale ne comporte nullement une égale importance physiologique ; on ne voit pas l'utilité que peut avoir un léger renflement au milieu du tube; dès lors, on peut facilement comprendre sa disparition. Un peu plus de réduction de la chambre centrale, un léger développement des podostyles et tous les diamètres seront égaux : *A. granulosa*.

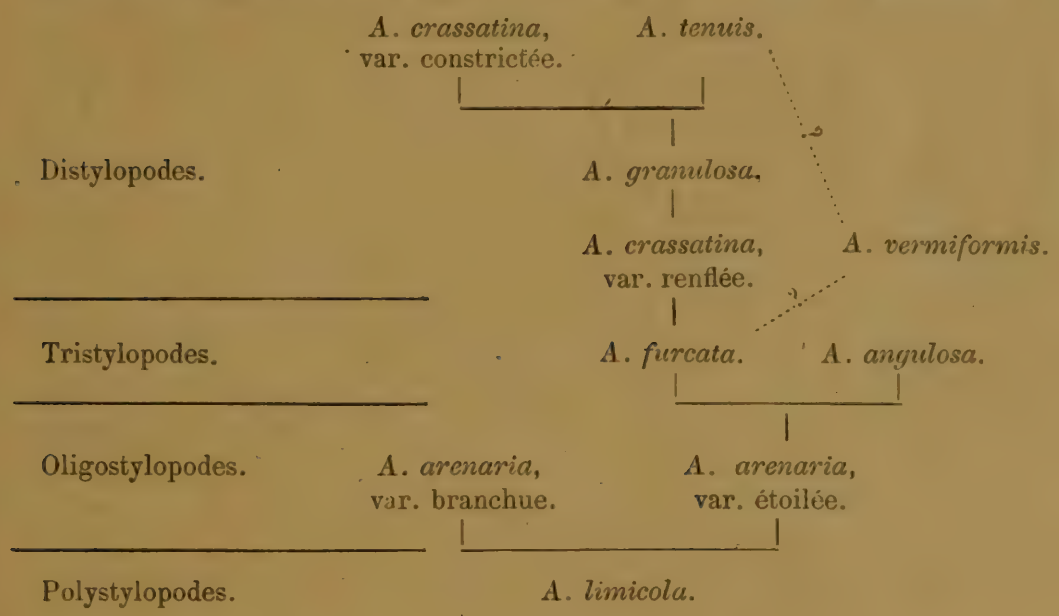
Un développement des podostyles, une pachystylie débutante, fera paraitre la région médiane comme constrictée : *A. crassatina*, variété constrictée.

Par intermittence de croissance se formeront des traces de cloisonnement indiquant les différents stades : *A. tenuis*.

Il est assez difficile d'interpréter *A. vermiformis*; c'est peut-être simplement un facies de croissance d'*A. tenuis*, ou bien un Distylopode dont les deux rayons sont inégaux et font, par conséquent, un certain angle; il semble en effet que l'une des branches soit à la fois moins longue et moins épaisse que l'autre. La chambre centrale, s'il y en a un reste de conservé, doit se trouver à la rencontre des deux parties.

Il ne reste plus maintenant que la variété branchue de *A. arenaria*. Nous devons revenir à *A. limicola*. La réduction du disque central jusqu'à ne plus former qu'un simple tube aux deux bouts duquel se trouvent les podostyles assez raccourcis, nous donnerait la variété branchue d'*A. arenaria*.

Le tableau suivant indique les rapports probables de parenté :



Dans ce tableau, les formes tubulaires sont mises en rapport avec *A. furcata* irrégulier et non avec *A. angulosa* régulier. Ce qui a fait adopter cet arrangement, c'est une considération théorique : la régularité de structure est un obstacle à des modifications différentielles ultérieures. Chez *A. angulosa*, il y a trois rayons égaux, faisant entre eux des angles égaux; par empâtement des angles rentrants, ces rayons sont masqués extérieurement et le contour est une masse triangulaire. Toutes ces parties semblables et semblablement disposées affectent avec le milieu des rapports identiques; de par leur identité morphologique et éthologique, elles subiront toutes le même sort; ce qui agit sur l'une agira sur l'autre et toutes se modifieront

ensemble et de la même façon ; des modifications sont toujours possibles, mais on ne voit pas de raison à une différenciation des parties. Il n'en est plus de même avec *A. furcata* à cause de son irrégularité.

On remarquera que *A. crassatina*, var. constrictée, est placé sur la même ligne verticale que la variété branchue d'*A. arenaria*. Les deux espèces se ressemblent par la forme tubulaire de la chambre centrale. Si dans la deuxième espèce on suppose les podostyles à chaque bout réduits à un seul, on obtient *A. crassatina*. Cette modification possible est suffisamment rappelée par la disposition du tableau.

Dans une nomenclature rationnelle, le nom générique devrait, dans la mesure du possible, rappeler le caractère générique et pouvoir, par conséquent, s'appliquer à toutes les espèces. Il n'est guère logique de donner le nom d'*Astrorhiza* à des formes tubulaires. Quand on peut établir une bonne série évolutive, chaque espèce devrait être dénommée par le stade évolutif qu'elle représente et, par exemple, *A. angulosa* serait mieux nommée « triangularis ». Malheureusement, nos connaissances nous arrivent par pièces et morceaux. Quand on a découvert la première espèce, le nom d'*Astrorhiza* était parfaitement justifié ; ce qui le démontre, c'est que la plupart des synonymes incorporent la même idée, par exemple, « Arenistella », « Astrodiscus », « Ammodiscus » ; l'idée de disque est encore plus incompatible avec des tubes que l'idée d'étoile. Le vrai nom générique serait « Limicola », et pour la première espèce « Limicola astrorhiza ». Mais une considération doit tout dominer : mieux vaut conserver une nomenclature boîteuse que compliquer encore la synonymie.

7. *Théorie de la coquille de* Rhabdammina. — Avec du ciment non durci et en quantité très limitée, les éléments sableux un peu gros sont trop pesants pour être retenus. Avec des éléments dépourvus de toute rigidité intrinsèque comme des particules de vase, réunis par peu de ciment, la dureté éventuelle de ce ciment ne pourrait pas encore donner une enveloppe rigide. Les deux éléments, ciment et matériaux, doivent tous deux avoir la dureté suffisante. Le genre *Rhabdammina* est purement arénacé ; les grains sont relativement assez gros et le ciment les relie en une coquille très dure et très cohérente. Tous les moyens détournés pour pallier l'inconvénient de la fragilité sont inutiles ; il n'y a pas d'épaississement des parois par placage, pas de remplissage des angles rentrants, pas de réduction

dans la longueur des tubes rayonnés. La seule mesure appliquée est la réduction de la chambre centrale pour faire disparaître la distinction entre le disque et ses rayons.

Non seulement les rayons ne montrent aucune tendance au raccourcissement, mais, au contraire, ils s'allongent dans une proportion énorme, ce que permet la rigidité des parois. Ce caractère a d'autres conséquences encore. Dans le genre précédent, les ramifications des tubes étaient peu marquées et tous les rayons étaient dans le plan du support; dans le genre actuel, on trouve de longs tubes régulièrement dichotomisés et il y a parfois un rayon dressé sur le plan des autres.

L'aspect général des formes dans les deux genres est très caractéristique; par le retrait des tubes saillants et l'épaississement des parois, la tendance est chez *Astrorhiza* vers une forme lourde et ramassée; au contraire, tout est grêle, allongé, tubulaire chez *Rhabdammina*, qui, sous ce rapport, justifie assez bien son nom. Ces différences sont plus frappantes que profondes et on ne doit pas surtaxer leur valeur; elles ne font que masquer une parfaite identité de plan de structure et de direction d'évolution dans les deux genres.

L'étude comparée des espèces d'*Astrorhiza* nous a fourni quelques notions sur l'évolution de ces formes et nous a permis d'appliquer certains principes généraux; mais les relations n'étaient pas absolument claires et convaincantes. Il s'agit de la morphologie des formes tubulaires; mais le genre *Astrorhiza* a précisément pour tendance de réduire les tubes; son étude n'est donc pas la plus favorable pour donner des résultats précis. Chez *Rhabdammina*, c'est au contraire la tendance à l'allongement qui prédomine; les tubes restent individualisés et leurs modifications frappent davantage; aussi, depuis longtemps les rapports des formes polytubulaires et des formes bitubulaires ont-ils été exactement reconnus par Carpenter.

8. *Les espèces du genre* Rhabdammina. — Voici la diagnose du genre, telle que la donne Brady :

« Test libre, tubulaire; radiaire, irrégulièrement branchu ou « rectilinéaire, avec ou sans chambre centrale; les bouts ouverts du « tube ou de ses branches formant les orifices; parois solidement « cimentées, extérieur rugueux. »

Les cinq espèces sont énumérées dans l'ordre adopté par Rhumbler:

1° *Rh. linearis*, d'une petite chambre ovoïde partent deux tubes en directions opposées;

2° *Rh. discreta,* tube assez droit, ouvert aux deux bouts, étranglé par places;

3° *Rh. irregularis,* tube partout de même diamètre, dichotomisé;

4° *Rh. cornuta,* coquille asymétrique, irrégulièrement branchue; les branches courtes et épaisses; la partie centrale est généralement un tube plus large, parfois une chambre;

5° *Rh. abyssorum,* typiquement triradiée régulière avec une petite chambre sphérique; parfois cinq rayons, parfois rayon dressé.

9. *Formes distylopodes.* — Dans la forme type de *Rh. abyssorum*, il y a trois rayons, de grosseur et de longueur égales, faisant entre eux des angles égaux. Mais il y a de nombreux exemplaires avec un rayon plus grêle et plus court et alors les deux gros rayons font entre eux un angle plus ouvert; parfois le rayon sacrifié n'est plus représenté que par un petit tubercule et alors les deux gros rayons sont encore plus écartés l'un de l'autre. Il n'y a donc aucun doute ici que les formes distylopodes proviennent des formes à trois rayons par atrophie graduelle de l'un des rayons et par placement des deux autres dans le prolongement l'un de l'autre. Le raisonnement est de Carpenter.

Si l'on fait abstraction des différences entre les deux genres *Astrorhiza* et *Rhabdammina*, différences qui ne sont que la conséquence de la nature du ciment, il ressort clairement que *Rh. abyssorum* régulière est l'homologue de *A. angulosa;* de même les exemplaires irréguliers de la première de ces espèces correspondent à *A. furcata*. Nous voyons aussi que les relations des formes tubulaires s'établissent avec les Tristylopodes irréguliers.

Le parallélisme entre les deux genres peut se poursuivre plus loin. *Rh. linearis* avec sa petite chambre centrale est comme la variété renflée d'*A. crassatina*. Des étranglements, de distance en distance, caractérisent à la fois *Rh. discreta* et *A. tenuis;* nous avons considéré ces étranglements comme résultant d'une croissance intermittente des podostyles et nous en avons ici une preuve convaincante. Brady représente (pl. XXII, fig. 8) un exemplaire de *Rh. discreta* montrant un renflement bien net, certainement une chambre centrale, et ressemblant par conséquent à *Rh. linearis;* mais un des tubes podostylaires est continué encore par deux segments; le bout ouvert des tubes est fort souvent coloré en rouge brun et les étranglements offrent la même particularité.

10. *Formes polystylopodes.* — Le point de départ dans la série *Rhabdammina* est donc pour Carpenter *Rh. abyssorum*, que nous faisons correspondre à *A. angulosa*. Mais cette espèce n'est nullement le point de départ dans la série *Astrorhiza ;* avant elle, il y a encore des Oligo- et des Polystylopodes. Il y aurait donc une lacune assez importante à la base de la série arénacée.

Mais l'absence de ces formes primitives est plus apparente que réelle. En effet, *A. arenaria* a son homologue exact dans *Rh. cornuta ;* même les deux variétés sont représentées, correspondant à la forme étoilée avec une chambre centrale et à la forme branchue avec tube central. Ce qu'il y a surtout de remarquable, c'est que *Rh. cornuta* a les podostyles courts et gros, cas unique dans le genre.

Il ne manquerait donc plus que le vrai point de départ, l'homologue de *A. limicola*. Ce terme existe aussi : c'est *Hæckelina* de Bessels. Déjà Bütschli avait émis des doutes sur l'exactitude de l'assimilation avec *A. limicola*. Ces doutes se transforment en certitude quand on relit la description à la lumière des considérations qui précèdent. Les figures de Bessels montrent que le matériel n'est pas de la vase ou du sable fin, mais des grains même fort gros, avec relativement beaucoup de ciment. L'auteur constate (p. 268) que la dureté de la coquille est d'autant moindre que les matériaux sont plus ténus ; mais une dureté notable est la règle. Il est rare de trouver des exemplaires qu'on puisse perforer avec une fine aiguille ; le plus souvent, la rigidité est telle que le scalpel ne peut l'entamer et glisse en grinçant (von deren Oberfläche die Spitze der Nadel oder des Skalpels knirschend abrutscht.)

Nous avons donc une série complète de formes à ciment dur, exactement parallèle à la série à ciment lâche. Les concordances sont exprimées par le tableau suivant :

Astrorhiza limicola	*Hæckelina gigantea.*
— *arenaria* branchue	*Rhabdammina cornuta.*
— — étoilée	
— *angulosa*	— *abyssorum.*
— *furcata.*	
— *crassatina* renflée	— *linearis.*
— — constrictée	
— *tenuis*	— *discreta.*
— *vermiformis*	— ?
?	— *irregularis.*

Il n'y a que deux formes sans homologue exact : *A. vermiformis* et *Rh. irregularis*. Cette dernière, étant probablement une particularité due au ciment dur, la modification n'a pas pu se réaliser dans l'autre genre. Si *A. vermiformis* n'est qu'une particularité de croissance, elle n'a pas non plus son équivalent; si l'autre interprétation était admise, celle de commencement de distylopodie, il faudrait comparer avec les exemplaires de *Rh. abyssorum*, où le troisième rayon est presque entièrement résorbé.

Le nombre des formes d'*Astrorhiza* est de dix (huit espèces plus deux variétés); celui de *Rhabdammina*, seulement de six. Dans ce dernier genre, les groupes sont donc plus compréhensifs; c'est que les stades intermédiaires sont plus aisément reconnaissables comme tels, grâce à l'indépendance des rayons, et que, par conséquent, les coupes sont plus difficiles à délimiter.

On remarquera que l'ordre dans lequel Rhumbler énumère les espèces, ordre que nous avons suivi, va pour *Astrorhiza* de la forme en disque à la forme en tube, tandis que c'est l'inverse pour *Rhabdammina*. Dans sa classification, les deux genres sont fort éloignés l'un de l'autre. Les rapports que nous venons de signaler semblent pourtant naturels.

Axel Goes considère *Rh. linearis* et *Rh. discreta* « comme des formes retardées ou émaciées de *Rh. abyssorum* ». Ces deux espèces occupent une place trop bien marquée dans la série évolutive pour pouvoir être écartées comme un accident pathologique.

11. *Le genre* Marsipella. — Ce genre se compose de formes tubulaires, ouvertes aux deux extrémités (par conséquent des Distylopodes), dont la carapace contient, outre des grains de sable, une assez grande quantité de spicules d'Éponges, surtout aux extrémités.

Il y a deux espèces : *M. cylindrica*, tubes grêles et longs, presque droits, diamètre partout le même; *M. elongata*, renflé dans ses parties moyennes presque uniquement arénacées et graduellement atténué en tubes minces presque uniquement composés de spicules, forme contournée.

La première espèce correspond à *Astrorhiza granulosa*, sauf l'empâtement des parois, inutile avec un ciment dur.

La seconde espèce offre un certain intérêt, à cause de deux particularités qui donnent lieu à des considérations théoriques. Les extrémités sont grêles; il n'y a donc pas de pachystylie. Mais l'atténuation

est très graduelle et il n'y a pas de chambre centrale bien délimitée, du moins à en juger par le contour extérieur ; il s'agit donc d'expliquer cette partie médiane. La deuxième particularité est l'incurvation et l'irrégularité de la forme, qui nous mettra devant la question de la stérilité phylogénique des Distylopodes.

12. *Formation d'une partie centrale tubuleuse.* — On peut la concevoir de plusieurs façons différentes. La chambre centrale primitive, qui occupe tout le disque des grandes formes étoilées, diminue dans le cours de l'évolution ; quand la diminution affecte également tous les diamètres, il y a simplement amoindrissement de taille, sans déformation ; tel est le cas chez la variété renflée d'*Astrorhiza crassatina*, *Rhabdammina abyssorum* et *Rh. linearis*. Mais chez *A. arenaria*, variété branchue, et son homologue *Rh. cornuta*, un des diamètres a conservé sa grande dimension primitive; dans les deux autres directions de l'espace, les diamètres ont été réduits et ainsi s'est formée une chambre centrale tubulaire; les limites de cette chambre ne sont plus à déterminer exactement, puisque ses dimensions transversales sont maintenant égales à celles des podostyles ; on se rappellera que c'est de cette façon que nous avons essayé d'expliquer *A. granulosa* et l'explication s'appliquerait aussi à son homologue *Marsipella cylindrica*. S'il restait une certaine différence dans les dimensions transverses de ces deux parties, soit parce que la chambre ne se réduit pas assez, soit parce que les podostyles ne grossissent pas, la délimitation serait nette; c'est bien là ce qui semble être le cas chez quelques exemplaires d'une autre espèce, *Rhizammina indivisa*, dont le long tube cylindrique est à un bout surmonté d'un court tube beaucoup plus mince.

A priori, il semble plus naturel que ces parties passent graduellement l'une dans l'autre, la partie proximale du podostyle se dilatant. C'est ainsi qu'on peut le mieux interpréter *M. elongata*. Le nom spécifique est fort exact, si on l'applique par la pensée à la chambre centrale.

13. *Incompatibilité de la croissance spirale et de la distylopodie.* — Les tubes de cette espèce sont contournés de la façon la plus capricieuse, dit Brady. Pourtant, en étudiant avec soin les figures, il semble bien que l'on puisse constater une certaine régularité; on remarque en effet que toutes les courbures se font dans le même

plan, de façon que le tube repose toujours à plat, et que les courbures sont les mêmes aux deux extrémités. Cette égalité des modifications peut aisément se comprendre comme une conséquence de l'identité morphologique des deux extrémités; ainsi qu'il a déjà été dit à propos d'*Astrorhiza angulosa*, une cause qui agit sur l'une des parties doit également agir sur l'autre et l'affecter de la même manière.

L'inflexion de *Marsipella* peut être considérée comme la première manifestation de la tendance à l'enroulement, qui joue un si grand rôle dans l'évolution des Foraminifères. Mais cette tendance est à peine indiquée et ne semble pas pouvoir pleinement se manifester; bien au contraire, après une courbure marquée, il y a redressement et la croissance redevient rectiligne; on obtient ainsi des formes dont la partie centrale en croissant de lune, se trouve entre deux tubes droits. Quelle peut bien être la raison de ce revirement? Pour répondre à cette question, demandons-nous ce qui résulterait de la croissance spiralée. L'un des bouts se contourne, mais l'autre également; il se formerait donc deux spirales unies par la partie centrale, quelque chose comme des frères siamois. En outre, la spirale ne serait pas la même que chez les autres Foraminifères. Chez ceux-là, elle se développe de dedans en dehors. les premiers tours étant au centre et les derniers, avec le pylome, à la périphérie; le développement n'est donc pas limité, puisque rien ne s'oppose à ce que de nouveaux tours s'ajoutent aux premiers; l'ouverture, par sa situation périphérique, permet aux pseudopodes de rencontrer immédiatement à leur sortie la coquille elle-même comme substratum pour s'y poser. Chez *Marsipella*, la spirale ne peut se développer que de dehors en dedans; le premier tour, le plus ancien, est l'externe et les tours subséquents ne peuvent que remplir la concavité de la première courbure; quand cette concavité est remplie, le développement sera forcément arrêté, l'ouverture sera centrale et les pseudopodes, pour accomplir leurs fonctions, devraient passer au préalable sur le disque. Une telle organisation est pratiquement impossible.

On pourrait objecter que les inconvénients de cette organisation ne se faisant sentir que lorsque cette organisation est réalisée, on ne comprendrait pas qu'elle se borne à une indication assez vague, à une simple courbure, après quoi il y a aussitôt redressement. Il faudrait, pour expliquer ces allures, doter l'animal d'une sorte de prescience de ce qui pourrait lui arriver. Mais les courbures se faisant dans le même sens et la zone commandée par chaque ouverture ayant une certaine

étendue par suite de l'étalement du réseau pseudopodique, il suffit d'une faible courbure pour amener ces deux zones en contact et probablement en conflit. Une modification dans la croissance de la coquille n'est donc pas nécessairement l'effet d'une cause agissant par contact immédiat avec la coquille; une cause peut être efficiente, même quand son action est à la distance égale à la longueur des pseudopodes.

L'enroulement est un moyen de consolidation, mais uniquement à condition que les parties nouvelles trouvent immédiatement appui sur les parties anciennes. Cette condition se réalise tout naturellement et dès le début pour une spirale qui se forme de dedans en dehors; mais quand la spirale se forme en sens inverse, de dehors en dedans, il est clair que les parties nouvelles ne peuvent trouver appui sur les anciennes qu'après la complétion du premier tour qui est le plus grand et par conséquent très sujet à fracture. Au point de vue de la solidité, les stades ultérieurs de la formation d'une telle spirale deviennent de plus en plus résistants, mais au début, pendant la formation du premier tour tout entier, la solidité diminue au contraire, car un tube droit est moins fragile qu'un tube contourné. C'est donc dans cette période initiale que se fera la sélection, la « Festigkeitsauslese », comme dit Rhumbler, écartant toute courbure trop prononcée.

Il résulte de ces considérations que l'enroulement, la modification en spirale, est incompatible avec l'organisation distylopode.

14. *Stérilité phylogénique des Distylopodes.* — D'autres modifications encore sont dans le même cas. On peut concevoir l'allongement du tube pseudopodique s'accompagnant d'un accroissement des diamètres transverses; c'est ce qu'on pourrait nommer une pachystylie distale graduelle; la forme qui en résulte est un cône. Toutes les coquilles, dont les loges les plus jeunes sont les plus grandes, peuvent être considérées comme rentrant plus ou moins dans cette catégorie; pour s'en tenir aux Arénacés tubulaires, on trouve la forme conique par exemple chez *Haliphysema*, *Jacullella*, mais toujours chez des tubes ouverts à un bout seulement et fermés à l'autre, par conséquent des Monostylopodes. Chez les Distylopodes, la modification produirait deux cônes réunis par leur pointe, ce qui réaliserait le maximum de fragilité.

Marsipella elongata n'est pas un Distylopode tout à fait typique; quoique mal délimitée, la distinction entre la partie centrale et les

bouts extrêmes est très marquée, par suite du renflement de la partie centrale. Dans les formes vraiment tubulaires, comme *Astrorhiza crassatina* et *Rhabdammina linearis*, cette distinction n'existe plus. Quelle que soit l'importance morphologique et phylogénique des traces de chambre primitive, au point de vue du genre de vie, cette importance est nulle. Le tube est tout d'une venue ; tous ses segments sont absolument semblable entre eux et affectent les mêmes rapports avec le monde extérieur. Grâce à un dernier reste de différenciation, il peut encore se produire chez *Marsipella* des velléités de modifications, aussitôt réprimées. Les formes tubulaires distylopodes n'offrent plus aucun point différencié, où des modifications pourraient se localiser et s'accumuler. Elles n'ont pas et ne pouvaient pas avoir un avenir phylogénique.

15. *Les formes monostylopodes.* — Il y a une assez grande variété de formes tubulaires à une seule ouverture, par conséquent des Monostylopodes, provenus des Polystylopodes par atrophie de tous les podostyles sauf un. La validité de cette interprétation est confirmée par la présence fréquente, au bout aveugle, d'un renflement nettement délimité, qui ne peut être qu'une chambre centrale primitive.

Il faut bien dire un mot d'une autre explication, non parce qu'elle se recommande à l'attention par sa valeur intrinsèque, mais parce que souvent elle est donnée comme simple et toute naturelle ; le tube monopylé proviendrait du tube dipylé, par obturation de l'ouverture à un des bouts. D'autres fois, on fait l'inverse et on dérive le tube dipylé d'un tube monopylé par perforation du fond aveugle. Il suffit d'un moment de réflexion pour comprendre que les choses n'ont pas pu se passer ainsi, car, dans les deux cas, la chambre primitive ne se trouverait pas à sa place. Dans la première de ces hypothèses, puisqu'on part d'un Distylopode, le tube monopylé devrait avoir sa chambre au milieu, alors qu'elle est au bout fermé ; dans la seconde, le tube à deux ouvertures résultant de la perforation aurait sa chambre à un bout, alors qu'elle est au milieu. On pourrait à la rigueur écarter ces difficultés en admettant la résorbtion de l'un des tubes du Distylopode en même temps que l'obturation, ou la formation d'un deuxième tube en même temps que la perforation. Mais aucun exemplaire ne vient donner le moindre appui à ces manières de voir. Ces hypothèses ne sont donc pas aussi simples qu'elles en ont l'air, puisque chacune entraîne une hypothèse accessoire peu probable,

La monostylopodie n'est donc pas la continuation de la série évolutive qui, partant des Polystylopodes, a graduellement réduit le nombre des appendices à quelques-uns, puis à trois, puis à deux, pour enfin n'en laisser qu'un seul. Il faut plutôt la rattacher directement à la polystylopodie, sans aucun de ces stades intermédiaires, elle constituerait une autre direction d'évolution, caractérisée par ce fait que les podostyles, au lieu d'être affectés d'atrophie l'un après l'autre et successivement, l'ont été tous à la fois, sauf un seul. Le peu de probabilité des autres explications constitue une preuve indirecte en faveur de cette manière de voir. Un argument plus direct est fourni par l'étude comparative des formes tubulaires monopylées, comme on le verra par un exemple.

16. *Le genre* Hyperammina. — Rangé par Brady dans la sous-famille des Rhabdamminiæ, il est caractérisé par la dureté du ciment. La diagnose du genre est donnée comme suit : « Test « allongé, tubulaire, le bout fermé large et arrondi, quelquefois « renflé, de manière à former une chambre distincte; tube simple « ou ramifié, libre ou adhérent » (p. 64).

Les espèces sont énumérées (p. 257) dans l'ordre suivant :

1° *H. elongata*, tubes très grêles, chambre primitive peu marquée, ciment dur, parois minces;

2° *H. friabilis*, tubes plus grands, chambre primitive bien distincte, ciment peu dur, parois épaisses;

3° *H. subnodosa*, comme l'espèce précédente, mais avec segmentation du tube; parois moins épaisses, dureté du ciment (?);

4° *H. vagans*, tubes excessivement longs, tortueux, soudés au support (généralement), parois minces, chambre distincte;

5° *H. ramosa*, chambre primitive avec une portion tubulaire large se ramifiant; ciment peu dur;

6° *H. arborescens*, chambre primitive distincte, tube dressé verticalement très ramifié, ciment dur, parois minces.

Hæckel a reproché à Brady le vague de ses coupes génériques et ses « unlogische Diagnosen ». Le genre actuel justifie ce reproche; il renferme à peu près toutes les formes possibles et même il y en a où le caractère de la sous-famille, la dureté du ciment, n'existe pas. Mais d'ordinaire les groupes génériques de Brady donnent l'impression de quelque chose de naturel et l'on doit admirer le tact zoologique de

l'auteur; sous les apparences les plus trompeuses, il a su discerner les affinités réelles et réunir les formes apparentées; voila pourquoi ses coupes ont été si généralement acceptées. La discussion approfondie à laquelle nous avons soumis les genres *Astrorhiza* et *Rhabdammina* a fait ressortir beaucoup de rapports que Brady n'a pas soupçonnés, rectifié quelques-unes de ses appréciations; mais elle a absolument confirmé le caractère naturel de chaque groupe dans son ensemble. Il en est de même pour *Hyperammina*.

Notre hypothèse consiste à dériver les formes monostylopodes des Polystylopodes les plus primitifs, par conséquent de quelque chose comme *A. limicola*. Or, nous trouvons ici une espèce qui réunit un certain nombre de particularités caractéristiques des *Astrorhiza* en général. En effet, *H. friabilis* a le ciment peu durci, les parois épaisses et l'angle rentrant formé par la grande chambre centrale et le podostyle plus grêle, entièrement comblé par empâtement; la dimension considérable de la chambre centrale, sa délimitation nette (visible seulement en coupe) sont également des caractères d'infériorité. Cette espèce est exactement et dans tous les détails ce qu'elle doit être conformément à cette hypothèse; elle correspond dans le groupe monostylopode à la variété à renflement central d'*A. crassatina*.

Un simple coup d'œil sur les figures démontre de même que *H. ramosa* et *H. subnodosa* correspondent respectivement à *A. arenaria* et *Rh. cornuta*, et à la variété renflée d'*A. crassatina* et *Rh. discreta*. On peut en conclure que les mêmes principes d'évolution ont agi dans les trois genres. Toutefois, l'assimilation de *H. ramosa* avec *A. arenaria* et *Rh. cornuta* ne comporte pas une complète homologation, car les branches proviennent ici de la ramification d'un seul podostyle.

Les espèces restantes du genre *Hyperammina* se distinguent des précédentes par la dureté du ciment, avec ses conséquences naturelles : minceur des parois, absence d'empâtement. Il y a donc entre les deux groupes les mêmes rapports qu'entre *Astrorhiza* et *Rhabdammina*. La forme grêle *H. elongata* répond à *Rh. linearis*. Mais les deux autres espèces n'ont pas leur homologue parmi les Distylopodes; elles nous présentent pour la première fois une particularité nouvelle : la fixation, dans ses deux modes possibles; *H. vagans* est soudé longitudinalement au support, sur toute sa longueur; *H. arborescens* a son grand axe vertical.

Pour l'aspect d'ensemble, le facies, cette différence entre les deux espèces est bien nette; mais quand on examine les détails, il n'en est plus tout à fait ainsi. *H. vagans* présenterait souvent une particularité : la chambre primitive est libre, de même que la partie proximale du podostyle; la soudure ne commence qu'à une certaine distance; à moins d'admettre un détachement ultérieur peu probable, il faut conclure de ce fait que l'individu commence son évolution ontogénique comme forme libre, ce qui est du reste parfaitement d'accord avec la théorie.

Les divers auteurs qui ont décrit *H. arborescens* disent que la soudure se fait par la chambre primitive. A en juger par une figure insérée dans le texte du *Report* de Brady, la loge primitive oblongue ne serait pas dressée, mais couchée, émettant parallèlement au support un tube non soudé, qui se fixe un peu plus loin et alors se redresse. La similitude avec l'espèce précédente est des plus nettes et il est fort possible que malgré la très grande différence d'aspect résultant de la ramification, nous n'ayons ici qu'un facies de croissance.

17. *Variabilité des Monostylopodes.* — Les Monostylopodes sont susceptibles de donner des formes coniques par évasement graduel de la gaine podostylaire; c'est le genre *Jacullella*. La dureté du ciment est *a priori* une condition pour cet évasement et c'est, en effet, le cas.

Il y a une plus grande variété de formes chez les Monostylopodes que chez les Distylopodes. Théoriquement, on comprend que l'inégalité des pôles de l'axe principal puisse avoir un tel résultat; mais les faits concrets ne peuvent pas être mis bien nettement en rapport avec cette cause; par exemple, on n'aurait pas pu prévoir la fixation tangentielle ou longitudinale de la partie primitive de *H. arborescens*. En outre, les formes tubulaires vraies, c'est-à-dire devenues suffisamment longues, ne montrent pas plus de variabilité que chez les Distylopodes; l'allongement, en éloignant les pôles l'un de l'autre, semble atténuer l'effet possible de leur différence morphologique. Les Monostylopodes tubulaires sont phylogéniquement aussi stériles que les Distylopodes.

Il y aurait pourtant une réserve à faire et cette affirmation pourrait pécher par trop d'absolu. Les formes tubulaires segmentées semblent offrir une régularité plus grande de la segmentation que

chez les Distylopodes; en supposant une plus grande régularité encore et une plus grande fréquence, c'est-à-dire un raccourcissement des segments individuels, on arriverait à des formes comme certains *Rheophax;* c'est ainsi que Rhumbler a interprété les choses et on doit reconnaître que cette interprétation peut très raisonnablement se soutenir. Mais cela suffit-il pour la faire adopter? C'est une interprétation possible, mais il y en a d'autres encore et, dès lors, il ne faut pas s'arrêter à l'une d'elles seulement, mais les comparer et choisir la plus probable. Or, l'ancienne théorie caténale, abstraction faite de la notion conventionnelle d'individu, explique parfaitement les formes profondément et fréquemment segmentées en prenant pour point de départ non un tube pachystyle, mais une chambre primitive sphérique ténuistyle, ayant produit par bourgeonnements successifs linéaires une série de loges. Il est vrai que, entre ces « colonies caténales » et le tube pachystyle secondairement segmenté, les ressemblances seraient si considérables que la distinction deviendrait pratiquement très difficile, si pas impossible ; mais les points de départ sont très différents et la similitude deviendrait donc un cas de convergence dans l'évolution.

18. *La fixation des Polystylopodes.* — On pourrait exprimer quelque étonnement sur l'absence de fixation parmi les Polystylopodes primitifs; l'aplatissement de leur chambre centrale, le contact avec le substratum par une face qui est longtemps, si pas toujours la même, sont des conditions éminemment favorables, semble-t-il, pour amener la fixation. *A priori*, on pourrait même concevoir deux modes de fixation légèrement différents; dans l'un, la soudure au support intéresserait à la fois le disque central et les gaînes podostylaires; dans l'autre, le disque seul serait fixé, mais les gaines resteraient libres. Un troisième mode théoriquement possible, fixation uniquement par les gaines, semble pouvoir être écarté à cause de la fragilité; en effet, le poids relativement considérable du disque porterait sur la portion distale libre des gaines, assez peu solides.

Ce programme est réalisé de tous points. Il n'y a pas de formes avec soudure uniquement des gaînes; *Placopsilina* est soudé par le disque et les gaines; *Dendrophrya* et *Haliphysema* sont soudés par le disque seul, sans les gaines, qui sont libres.

La fixation supprime la possibilité pour l'organisme d'être entraîné par les courants et, par conséquent, les adaptations spéciales ; parmi

ces adaptations, nous avons mentionné l'aplatissement du disque, la localisation des podostyles sur le bord et le maintien d'une taille suffisante de ces organes. Tout cela n'est plus indispensable, du moment que la stabilité est assurée par soudure.

19. *Le genre* Placopsilina. — Chez *Placopsilina vesicularis*, le disque est renflé en une demi-sphère, pour réaliser un plus grand espace protégé avec un minimum de matériaux, et les gaines prodostyliques sont au contraire plus grêles et irrégulières. C'est ce dernier caractère qui a porté Eimer à prendre cette espèce comme point de départ, au lieu d'*Astrorhiza limicola*. Les podostyles, par suite de leur soudure au support, doivent rester dans leur situation primitive.

Brady a fait une espèce spéciale, *P. bullæ*, pour une forme subsphérique, sans aucun prolongement podostylaire, mais avec deux ouvertures inférieures aux deux extrémités d'un même diamètre. Cette espèce ne se trouve que sur des supports cylindriques assez grêles, tiges de polypier, tubes de *Rhabdammina*, etc. Sur un support de ce genre, le protoplasme ne trouve pour s'étaler que la tige elle-même qui est le support; latéralement, il ne trouve que le vide; il ne peut s'étendre que dans le sens longitudinal; des podostyles latéraux seraient sans objet. Toutes les particularités d'organisation de cette espèce sont donc si directement des conséquences mécaniques simples de son habitat spécial, que l'on peut se demander s'il n'y a pas là uniquement un facies de croissance. Le seul caractère qui pourrait avoir une certaine valeur morphologique, c'est l'atrophie complète des podostyles comme organes différenciés. La présence de deux ouvertures seulement n'est qu'une distylopodie occasionnelle.

On attribue également au genre *Placopsilina* des formes fixées, comme *P. cenomana*, composées d'un certain nombre de loges présentant assez bien de régularité, surtout dans les parties primitives roulées en spirale. Nous avons ici de vrais Polythalames, dont l'organisation beaucoup plus parfaite est quelque peu dégradée par la fixation, mais qui n'ont aucun lien de parenté avec les deux autres formes.

On doit considérer *P. vesicularis* comme dérivée directement du Polystylopode primitif par simple fixation. La direction d'évolution est toute autre que ce que nous avons trouvé jusqu'ici. La production des formes tubulaires est en somme un cas de balancement organique,

développant, outre mesure, les podostyles aux dépens de la chambre centrale; ici, c'est l'inverse, la chambre centrale se développe, tandis que les appendices se résorbent.

20. *Le genre* Dendrophrya. — L'affinité prononcée de *Dendrophrya* avec *A. limicola* a été reconnue par tous les auteurs. La fixation a produit moins de modifications que dans les autres formes; le disque est resté aplati, le revêtement des podostyles ne s'est pas durci; les seules différences sont que les podostyles ne sont plus strictement localisés au bord du disque, mais se montrent souvent aussi sur la partie convexe, qu'ils se sont redressés presque verticalement et se sont ramifiés. Déchargés de leur fonction de fixation, ils ont pu se modifier uniquement en vue de leur fonction de préhension des aliments. Il n'y aurait parfois qu'un seul podostyle, qui est alors plus fort et plus ramifié et occupe le centre de la base patelloïde; c'est un bon exemple de l'avantage de la situation apicale. Tous ces détails se rapportent à *D. erecta;* dans l'autre espèce, *D. radiata,* les podostyles ne sont pas aussi nettement relevés et leurs bifurcations forment une masse confuse. Ici encore, nous n'avons probablement qu'un facies de croissance.

21. *Le genre* Haliphysema est franchement monostylopode; l'unique tige conservée sort du centre d'un disque fixé, qu'on a confondu avec *Squamulina.* Ce disque offre la particularité d'avoir des cloisons incomplètes, ce qui fait que son assimilation avec une chambre centrale n'est pas absolument certaine. Le genre est intéressant en ce qu'il présente les deux modifications possibles des formes dressées : la ramification (*H. ramulosum*) et l'évasement, la forme conique ou la pachystylie distale progressive (*H. Tumanowiczii*).

22. *Le genre* Thurammina. — Le mécanisme anatomique de la constitution de formes tubulaires consiste essentiellement dans l'accroissement des podostyles aux dépens de la chambre centrale; chez *Placopsilina*, nous avons trouvé un procédé inverse, combiné avec la fixation; le genre *Thurammina* nous montre également l'accroissement de la chambre centrale et l'atrophie des podostyles, mais chez une forme qui reste libre.

La série, bien graduée, commence par l'espèce que Brady énumère en dernier lieu comme la moins typique, précisément parce qu'elle

offre des caractères de transition. *Th. compressa* rappelle, en effet, la forme étoilée primitive; elle est aplatie; ses gaines podostylaires nombreuses sont localisées sur le bord du disque; sa coquille est mince et non rigide, étant composée d'une membrane incrustée de sable; c'est en somme une *A. limicola* avec des podostyles très courts, réduits à de simples papilles.

La seconde espèce, *Th. papillata* est sphérique; les podostyles sont répartis sur toute la surface et la coquille est rigide. Toutes ces modifications sont en connexion logique; la sphéricité n'est pratiquement possible comme moyen de protection qu'avec une coquille rigide; chez un organisme aplati, l'emplacement le plus favorable des podostyles est le bord du disque; chez une sphère, il n'y a plus de bord. Un organisme aplati repose naturellement à plat; le même diamètre est toujours vertical; le bord garni de ses podostyles est toujours dans une situation qui permet aux pseudopodes d'exercer leur double fonction de fixation et de préhension des aliments; un organisme sphérique prend contact avec le support indifféremment par n'importe quel point de sa surface; mais il y a avantage à ce qu'il y ait toujours à proximité un certain nombre de podostyles, lesquels doivent par conséquent se répartir sur toute la surface.

Les podostyles de ce genre, pour autant qu'on puisse juger par les gaines, doivent être très peu marqués; comparés à ceux des *Astrorhiza*, ils ont déjà parcouru la plus grande partie du chemin vers la résorption totale, vers l'astylopodie. Leurs orifices sont très souvent obturés par des bouchons de sable faiblement agglutiné.

Les caractères étudiés jusqu'ici sont ceux des individus types, mais peuvent, dans certains cas, subir des modifications considérables. Les exemplaires fixés ne sont pas rares et présentent souvent un groupement régulier de leurs gaines podostylaires en une couronne régulière, parallèle au plan de fixation; ces exemplaires sont en dôme ou en coupole, mais conservent cependant, dans l'arrangement de leurs gaines podostylaires, comme un rappel d'un état antérieur aplati. Il y a parfois plusieurs cercles superposés, comme s'il y avait eu bourgeonnement linéaire vertical. D'autres fois, il arrive que des exemplaires présentent une gaine beaucoup plus longue que les autres papilles; Brady figure quelques-uns de ces cas. Or, pour autant qu'on en peut juger par les dessins, la plupart de ces sphères à col allongé sont fixées au support ou soudées à d'autres individus de la même espèce, de façon que leur orientation, dans la position natu-

relle, ne soit plus indifférente comme pour une sphère, mais ait, au contraire, une certaine constance. La situation du podostyle allongé est également caractéristique : il occupe une position apicale. Sous l'influence de la fixation, le podostyle le plus proche de la position apicale ne s'est pas résorbé ou s'est développé à nouveau.

Le caractère secondaire de la répartition des podostyles sur toute la surface sphérique trouve un appui dans une particularité que présentent quelques exemplaires de *Th. papillata*. On sait que, chez les Foraminifères calcaires polythalames, les loges successivement formées s'ajoutent aux anciennes; l'anatomie se confond ici avec l'embryologie. Chez les Arénacés, le document embryologique fait défaut, car, lorsque les nécessités de la croissance l'exigent, il y a destruction de la coquille primitive par ramollissement du ciment organique et dissémination ou réemploi des matériaux primitifs pour former une coquille plus grande, qui peut être autrement constituée.

Brady (*Chall. Report*, pl. XXXVI) figure quelques exemplaires de *Th. papillata* où il y a, à l'intérieur de la sphère, une loge, qu'il nomme chambre primordiale. Pour une raison quelconque, cette loge n'a pas subi le sort ordinaire et n'a pas été détruite lors de la formation de l'enveloppe nouvelle plus grande, à l'intérieur de laquelle elle a été conservée. Or, cette loge primitive a une toute autre forme que celle caractéristique de *Th. papillata;* au lieu d'être sphérique, elle est aplatie et discoïde; les gaines podostylaires, au lieu d'être des papilles peu marquées, sont des tubes assez longs ; ces tubes, au lieu d'être répartis sans ordre sur toute la surface, sont groupés sur le bord du disque; c'est, pour tous les points, l'arrangement type d'*Astrorhiza limicola*.

23. *L'origine des perforations*. — Les rayons sont indiqués chez *Thurammina* par des tubercules à peine saillants; un pas de plus dans la voie de la réduction, il ne resterait plus que les ouvertures terminales, sous forme de simples trous percés à ras de la surface de la coquille et occupés par le protoplasme différencié émettant seul les filaments pseudopodiques. Un tel organisme pourrait être dit astylopode.

La coquille est un appareil de protection et l'idéal de la protection est d'exclure entièrement les influences externes; cet idéal est réalisé dans les kystes entièrement clos. Mais le kyste, c'est la vie dormante; la vie active et manifestée réclame des communications directes avec le monde extérieur : les coquilles sont généralement pylomées. Le

pylome est toujours une brêche; il y a compromis entre deux nécessités contraires : la protection et les communications.

Chez un Sarcodiaire lobé, englobant la proie assez volumineuse dans l'intérieur de sa masse, ces deux conditions (épaisseur des pseudopodes et volume de la proie) détermineront les dimensions du pylome. Chez les Foraminifères, la surface n'émet plus des pseudopodes larges, mais un grand nombre de filaments très fins; les orifices ne doivent pas être plus grands que l'épaisseur de ces filaments, mais il faut assez d'orifices pour qu'un nombre suffisant de filaments pseudopodiques puissent sortir.

Or, au point de vue de la protection, il y a une grande différence entre un nombre considérable de tout petits orifices et un pylome unique largement ouvert; une toile métallique à mailles serrées arrêtera du sable fin; le total de ces aires partielles en une ouverture unique livrera passage à de gros cailloux. *A priori*, le premier dispositif paraît plus avantageux et le fait qu'on a signalé des parasites chez certains Arénacés montre que cet avantage a une réalité pratique. On peut comprendre maintenant comme une application de ce principe la tendance très générale chez les Foraminifères à la réduction du pylome : trématophore de certaines Miliolidées, étirement de l'orifice en une fente linéaire, fractionnement de cette fente en une série de trous; l'obturation des gaines podostylaires de *Astrorhiza* et de *Thurammina* par un bouchon sableux, entre les interstices duquel passent les filaments, est un fait du même ordre.

Dans l'organisme hypothétique résultant de la disparition complète des saillies de *Thurammina*, ce ne seraient donc pas en réalité de grands trous qui perceraient la coquille; par places, le ciment serait plus lâche ou laisserait des interstices entre les grains.

Une telle différenciation de régions dans une sphère géométriquement homogène peut facilement, semble-t-il, faire place à une homogénéité de structure. Le ciment deviendra le même partout, partout également dur; il y aura tout simplement des zones ou des aires perforées.

On peut concevoir un état où ces zones auraient encore des dimensions réduites, comme les tubes podostylaires d'où elles résultent. L'extension de ces zones aurait pour effet de permettre l'émission de pseudopodes par une surface plus grande; ce qui semble un avantage; l'extension de ces zones n'offre plus aucun inconvénient au point de vue de la solidité et de la protection, car ce ne sont plus de grandes

ouvertures, mais simplement des aires finement perforées. Rien ne s'oppose donc à une modification avantageuse et, dès lors, sa réalisation est facile à comprendre.

Un organisme perforé peut donc résulter d'un organisme polystylopode, par rétractation des podostyles ramenant à la surface de la masse centrale le sarcode spécialisé émettant les filaments pseudopodiques; par étalement sur toute la surface et recouvrement d'une enveloppe perforée, un type tout nouveau d'organisme peut se constituer.

24. *Aires de perforations.* — La probabilité d'une réduction graduelle des podostyles est indiquée par une partie des espèces d'*Astrorhiza*, par *Placopsilina* et surtout par *Thurammina*.

Le stade ultérieur d'évolution comporterait des Arénacés sphériques, sans plus aucune indication de gaines, émettant des filaments pseudopodiques par toute ou par la plus grande partie de la surface.

Storthosphæra a été décrite par F.-E. Schulze (*II. Jahresber. deutsch. Meere*, 1874, p. 113). Cet auteur n'a pas pu voir les perforations qui pourtant, dit-il, existent probablement; mais Brady a constaté que le sommet des protubérances coniques et des crêtes hérissant la surface a une texture plus lâche et croit que c'est entre les interstices de ces parties que sortent les filaments pseudopodiques. Nous avons donc ici une forme correspondant fort exactement au stade théorique d'une coquille apylomée, d'une composition homogène; la seule différence étant la lâcheté du ciment en certains points, lesquels sont clairement, pour les éminences coniques, à homologuer avec une couverture de sommets podostyliques. Quant aux crêtes, on peut sans effort les considérer comme résultant de l'étirement linéaire d'un cône. L'agrandissement des zones perforées se ferait donc, non par étalement dans un plan, suivant deux dimensions, mais par étirement suivant une seule dimension.

C'est le même arrangement linéaire qu'on retrouve parfois sur la capsule centrale des Acanthaires, à plusieurs égards le groupe le plus inférieur des Radiolaires. « Les pores de la capsule centrale ne sont « pas répartis régulièrement sur toute la surface, mais plutôt « ordonnés en rangées ou en groupes déterminés; tantôt ils sont « réunis en réseau, tantôt distribués isolément entre les piquants « radiaires ou forment des cercles autour de ces piquants. » (Haeckel, *Syst. Phyl.*, I, p. 199.) Il n'a pas été jusqu'ici publié de figures de

ces diverses dispositions, qu'il serait pourtant intéressant de connaître un peu plus en détail.

Chez le groupe des Péripylés, la capsule centrale a ses perforations régulièrement réparties, sans distinctions de zones.

Dans les deux autres groupes, les Monopylés et les Tripylés, il n'y a pas de fines perforations, mais des ouvertures beaucoup plus grandes, de vrais pylomes. Ceci concorde avec les constatations faites chez les Foraminifères; les perforations fines sont une conséquence nécessaire de l'astylopodie et de l'apylomie. Les Radiolaires viennent donc apporter une confirmation intéressante de ce principe. Les Monopylés seraient des Monostylopodes; leur podocone serait le podostyle rentré dans la masse, anatomiquement disparu, mais ayant conservé son individualité histologique; le porochore est manifestement l'analogue d'une plaque perforée. Les Tripylés auraient conservé un gros podostyle, dont la plaque cannelée avec son tube est la gaine, et deux plus petits. Ces assimilations permettent une interprétation rationnelle de plusieurs points curieux de l'anatomie des Radiolaires, et pour lesquels on n'avait jusqu'ici pas même tenté une explication.

25. *Le col lagénoïde des Foraminifères perforés.* — La transformation d'un Polystylopode en un Astylopode est une évolution régressive; des organes différenciés, qui donnaient une certaine complication à l'organisme, disparaissent, laissant un organisme homogène. Plus même que pour la di- ou la monostylopodie, il semble que l'astylopodie doive être phylogéniquement stérile; on ne voit plus dans un pareil organisme, aucun caractère susceptible d'évoluer par modifications lentes et graduelles.

La fertilité extrême des Foraminifères perforés, qui ont donné naissance à une très grande variété de formes, résulte d'un autre caractère. La présence d'un col lagénoïde transforme l'organisme homaxone en un organisme monaxone hétéropolaire; la possibilité qui en résulte de l'accroissement par loges successives sériées, c'est-à-dire la polythalamie caténale, ouvre un champ nouveau. Grâce à ce col lagénoïde, les Perforés ont pu devenir un des groupes les plus variés du règne animal.

Nous avons vu chez *Thurammina* comment ce col a pu se constituer. Dans ce genre, il y a un renflement du disque pour augmenter le volume de la coquille, et comme modifications connexes,

durcissement de la coquille et éparpillement de la couronne podostylaire; par fixation, le podostyle apical se trouve dans une position où sa fonction de préhension des aliments peut prendre une importance plus considérable; il se maintient, ou même prend un plus grand développement, tandis que les autres persévèrent dans leur évolution régressive et se résolvent en une surface finement perforée. Dans cette hypothèse, le col lagénoïde serait plus ou moins directement la continuation d'une gaine de podostyle.

On pourrait admettre aussi que le col est une formation nouvelle. Les arénacés n'ont pas toujours une croissance régulière de la coquille; nous avons déjà vu que chez *Thurammina*, il y a plus que probablement démolition de l'ancienne coquille et réarrangement des matériaux de démolition, avec addition de matériaux nouveaux, pour former une coquille plus grande; chez *Th. papillata*, la première coquille est aplatie et étoilée, la seconde est sphérique; il y a donc changement de forme, de plan de structure. Des faits analogues ont été signalés par Rhumbler chez *Saccammina sphærica* (*Zeitschr. wiss. Zool.*, 57, 1894). Au premier stade de son évolution ontogénique, l'enveloppe est composée de grains de sable fins; puis il s'y ajoute une forte proportion de spicules d'Éponges, qui disparaissent entièrement plus tard pour être remplacés par de gros grains de quartz. A ce moment, l'animal est une vrai *Psammosphæra*, et Rhumbler efface ce genre du catalogue des Foraminifères pour le considérer comme une forme transitoire de *Saccammina*. Il y aurait enfin un dernier changement par l'utilisation de matériaux plus réguliers et leur arrangement en une coquille pylomée.

Examinons ces résultats. Il y aurait quatre fois changement de matériaux : sable fin, spicules, sable très grossier, sable moyen plus régulier. Il y aurait au moins une fois, changement de forme et changement considérable, car il y aurait changement de l'homaxonie à la monaxonie hétéropolaire; la sphère apylomée devient une coquille avec un col ouvert. Et ce changement, auquel il est impossible de donner une raison autre qu'un rappel phylogénique dans l'ontogénie, serait exactement ce qu'il faudrait pour notre théorie.

Malheureusement, l'ensemble des faits n'est pas aussi probant. La forme adulte de *Saccammina* est bien un lagénoïde type, avec la panse renflée, surmontée d'un col assez grêle, mais la coquille n'est pas perforée. Rhumbler a tout spécialement porté son attention sur ce point; les moyens les plus ingénieux ont été mis en œuvre sans

parvenir à déceler les perforations. Il n'a pas été plus heureux avec le stade *Psammosphæra*, ce qui serait plus étonnant encore, mais il admet lui-même qu'ici le résultat est douteux; il suppose que les pseudopodes sortent entre la jeune sphère et la coquille mère sur laquelle elle est fixée; ce dispositif rappellerait plutôt *Placopsilina* et Rhumbler fait ce rapprochement. En outre, tout le travail est basé sur la comparaison d'un très grand nombre d'exemplaires, dont la filiation directe n'a naturellement pas pu être établie; la succession des divers stades a été inférée par la taille. La démonstration n'a donc nullement et, du reste, ne prétend pas avoir un degré de certitude comparable à ce qu'on peut attribuer au cas de *Thurammina*, où l'emboîtement des coquilles ne laisse aucun doute sur leur succession. Quoi qu'il en soit, en admettant les faits, nous n'aurions pas la transformation d'un Perforé astylopode apylomé en un Perforé lagénoïde, mais il resterait toujours la transformation d'une forme sphérique apylomée (?) en une forme lagénoïde. Cela aussi n'est pas sans utilité, car il suffit de supposer des modifications analogues chez un Astylopode vraiment perforé.

Rhumbler a, en outre, donné des détails sur l'accroissement ultérieur de la coquille *Saccammina* et sur la façon dont l'animal se procure de nouveaux matériaux. Par désagrégation d'une partie assez limitée de la paroi, il se forme une ouverture; par celle-ci et non par le pylome sort un gros lobe protoplasmique qui va cueillir les grains et s'en recouvre; c'est ainsi que Rhumbler interprète des coquilles avec excroissances; plus tard ces matériaux seraient mis en place et la coquille redeviendrait régulière mais plus grande. En admettant la réalité de ces faits, on pourrait, comme dans le cas précédent, les étendre à un vrai Perforé apylomique et s'en servir pour donner une explication possible de la néo-formation du col lagénoïde; il suffirait de supposer que l'une de ces ouvertures, au lieu d'être temporaire, se soit maintenue avec sa gaine provisoire, pour avoir un vrai lagénoïde. La cause du maintien de cette ouverture a pu être une position favorable, comme, par exemple, la position apicale.

La perforation de la coquille est une conséquence nécessaire de l'astylopodie apylomée; mais, du moment où il y a une ouverture principale, la perforation du reste de la surface n'a plus ce caractère d'inéluctabilité, de nécessité logique. Toutefois, ce raisonnement ne doit pas être appliqué avec trop de rigueur; des organes peuvent ne

pas être absolument indispensables et cependant se maintenir ou se former parce qu'ils sont simplement utiles, et même ils peuvent se maintenir sans utilité quand ils sont héritage ancestral, mais pour autant qu'ils ne soient pas nuisibles. Or, les perforations n'ont jamais été considérées comme telles.

Dans l'évolution des espèces d'*Astrorhiza* et de *Rhabdammina*, la disparition d'une partie des podostyles est compensée par l'augmentation de taille de ceux qui sont conservés; dans les formes tubulaires, l'atrophie de la partie centrale fait que la proportion du protoplasme affectée au service des podostyles est proportionnellement fort grande; dans les deux cas, il y a balancement organique pour maintenir une fonction importante au degré d'intensité nécessaire. L'atrophie de tous les podostyles, sauf un, nécessiterait donc comme compensation l'hypertrophie du podostyle restant. Or, chez *Thurammina*, le podostyle étiré en col, loin de montrer de la pachystylie, pourrait, au contraire, être considéré comme affecté de ténuistylie, et il en est de même du col lagénoïde des Perforés. Ce col est insuffisant; aussi les autres podostyles, tout en disparaissant morphologiquement, en réalité restent fonctionnellement actifs pour l'émission de filaments pseudopodiques et même augmentent leur action en envahissant toute la surface. La ténuistylie est une quasi-astylopodie que vient compenser la perforation généralisée.

26. *Conclusions générales.* — Chez les Foraminifères arénacés étoilés, les prolongements protoplasmiques des rayons sont des organes permanents, émettant des filaments pseudopodiques uniquement par leur bout distal; ces organes sont des tiges pseudopodiques ou podostyles; les formes étoilées sont des Polystylopodes.

Une direction d'évolution consiste à réduire le nombre des podostyles; ce nombre devient fixe et les rapports des podostyles entre eux sont déterminés au lieu d'être quelconques; la réduction amène des formes distylopodes, phylogéniquement stériles.

Les deux genres *Astrorhiza* et *Rhabdammina* ont les espèces représentatives d'un genre à l'autre et leur évolution est superposable; les différences d'aspect sont des conséquences de la nature et du mode d'union des matériaux.

Les formes monostylopodes ne sont pas en rapport de continuité phylogénique avec les Distylopodes, mais se rattachent directement aux Polystylopodes; on peut trouver une raison à la conservation et à

l'accroissement d'un podostyle par la position apicale chez une forme fixée.

La réduction de longueur des podostyles ramène à la surface le protoplasme distal différencié (?) émettant les filaments pseudopodiques, en même temps que le bouchon lâchement cimenté obturant l'ouverture des gaines; par étalement du protoplasme émetteur de filaments et durcissement du bouchon obturateur, se constitue un organisme perforé.

Les particularités des Radiolaires (distribution des perforations en aires, leur absence chez les Tripylés et les Monopylés, le porochore et le podocone) peuvent s'expliquer de la même façon.

Le col lagénoide des Perforés peut être ou un podostyle conservé ou une néo-formation; la coexistence d'un pylome et des fines perforations est une conséquence des dimensions faibles du col.

La descendance des Foraminifères calcaires de formes ancestrales arénacées a été surtout avancée par Neumayr et est assez généralement acceptée; les opinions exprimées ci-dessus cadrent parfaitement avec cette théorie, mais uniquement pour ce qui concerne les Perforés. Les Imperforés se rattachent par *Lieberkuehnia* flexostyle à un tout autre groupe de Protozoaires.

Plusieurs Sarcodiaires inférieurs nus émettent des pseudopodes filamenteux ou réticulés; des rapports phylogéniques directs entre eux et les Foraminifères sont possibles, mais peu probables; il faudrait en tout cas intercaler un stade stylopode, pour ne pas laisser les formes polystylopodes en dehors de l'explication et pour pouvoir comprendre la formation d'une carapace cohérente, qui exige une certaine stabilité du contour.

La séance est levée à 6 $^1/_2$ heures.

Séance du 5 mars.

Présidence de M. Lameere.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

Correspondance.

M. Dautzenberg fait excuser son absence.

Le Secrétaire général donne lecture de la lettre suivante, datée du Palais de Bruxelles 10 février 1904 :

« J'ai l'honneur de vous faire connaître que le Roi autorise la Société Royale Malacologique de Bruxelles à modifier son titre et à s'intituler désormais Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique.

« *Le Secrétaire du Cabinet du Roi,*
« (S.) Chevalier Bayet. »

Le Dr Brancksik, de Trencsén (Hongrie), annonce qu'il se propose de faire au printemps un voyage en Bosnie, Herzégovine et Dalmatie. Il offre de recueillir des coquilles et donne la liste des espèces de Mollusques dont la récolte est certaine ou probable et les conditions de la participation.

Bibliothèque.

Dons des auteurs :

M. Hallock-Greenewalt : *Pulse and Rhythm* (Ex : Popular Science Monthly; Philadelphie, 1903).

M. Mourlon : *Encore un mot sur les travaux du Service géologique de Belgique à propos de contestations relatives aux résultats de ses prospections par sondage et de la confection de son Répertoire bibliographique* (Bruxelles, 1904).

M. Lohest, A. Habets et H. Forir : *La géologie et la reconnaissance du terrain houiller du nord de la Belgique* (Liége, 1904).

A. Giard : *Sur la synonymie de la petite Pintadine de la Méditerranée. — Sur une faunule caractéristique des sables à Diatomées d'Ambleteuse (Pas-de-Calais). — L'épithélium secréteur des perles. — L'origine parasitaire des perles d'après les recherches de M. G. Seurat. — Sur la production volontaire des perles fines ou margarose artificielle* (Ex : Comptes rendus des séances de la Soc. de Biologie; Paris, 1903 et 1904). — *Les précurseurs des idées modernes sur l'origine des perles (Androsthène, Rondelet et Bohadsch)* (Ex : Feuille Jeunes Natur.; Paris, 1903).

Des remerciements sont votés aux donateurs.

BRYOZOAIRES ET CNIDOZOAIRES NOUVEAUX POUR LA FAUNE BELGE TROUVÉS POUR LA PLUPART PENDANT L'ANNÉE 1903,

Par K. LOPPENS.

I. — Bryozoaires.

Membranipora pilosa, L., var. *dentata*. — Se trouve très souvent sur les Laminaires (*Laminaria digitata* et *L. saccharina*), ainsi que sur des coquilles et sur des cailloux. Je crois qu'il vaut mieux regarder *Membranipora pilosa*, sous forme de colonies dressées, comme une variété de la forme encroûtante, puisque ce sont deux formes constantes, qu'on ne trouve jamais réunies dans une même colonie. Pallas et Hincks les distinguent, tandis que d'autres auteurs les confondent.

Scrupocellaria reptans, L. — Plusieurs colonies sur un disque de *Hymanthalia lorea*; rare.

Flustrella hispida, Fabricius. — Plusieurs belles colonies sur *Fucus serratus*. J'ai pu les garder vivantes pendant plusieurs jours en aquarium. Les colonies épanouies sont très jolies à observer : chaque individu balance lentement ses longs et nombreux tentacules (vingt-cinq à trente), qui imitent tout à fait, par leurs doubles courbures, une petite fleur de Campanule. Cette espèce est assez rare.

Eucratea echelata, L. — Plusieurs colonies sur des *Corallina* croissant sur une coquille vide de *Patella vulgata*. Cette petite espèce échappe parfois aux recherches, à cause de la délicatesse des colonies.

Crisia cornuta, Lk. — Sur les disques de *Hymanthalia lorea*; plusieurs colonies; rare.

Crisia denticulata, Lk. — Plusieurs belles colonies sur *Flustra foliacea*. Cette espèce est rare. Il était à supposer qu'elle devait appartenir à la faune belge puisqu'elle vit dans la même zone maritime en France et en Hollande.

Bugula calathus, Norman. — Sur les pilotis des débarcadères du bassin à flot à Nieuport. Ce bassin étant à quinze minutes de la mer, ne contient d'ordinaire que de l'eau de mer à salure normale;

parfois cependant j'y ai constaté une diminution de salure, toujours assez légère.

Bugula plumosa, Pallas. — De belles colonies vivantes, draguées en 1901.

Bugula purpurotincta, Norman. — Dragué assez loin des côtes belges.

Porella concinna, Busk. — Plusieurs colonies sur deux morceaux de roches que j'ai dragués pendant l'été 1900 à environ 25 kilomètres des côtes belges. Cette espèce est assez polymorphe; dans une même colonie, on trouve souvent trois et quatre sortes de loges; rare.

Cellepora pumicosa, L — Depuis trois ou quatre ans je possèdais des colonies de cette espèce, mais toutes étaient en fort mauvais état, je ne pouvais les déterminer. On trouve *C. pumicosa* sur les *Sertularia abietina*; il est assez commun.

Microporella ciliata, Pallas. — Sur *Flustra foliacea* : il se distingue parfois assez difficilement, la couleur se rapprochant assez de celle des *Flustra*, et aussi à cause de la petitesse des loges qui n'ont que $0^{mm}3$ en longueur; c'est une espèce qu'on signale ailleurs d'ordinaire sur des morceaux de roches; jusqu'à présent, toutes les colonies que j'ai pu me procurer se trouvaient sur *Flustra foliacea;* il est assez commun.

II. — Cnidozoaires.

Disphagia rosacea, L. — Colonies assez nombreuses, de temps en temps rejetées sur la plage, fixées sur d'autres Calyptoblastiques. J'ai trouvé les premières colonies il y a deux ans : je crois que cette espèce n'est pas très rare. M. Schouteden vient de m'informer qu'il l'a trouvée à Ostende.

Coppinia arcta, Dalyell. — Une colonie sur *Sertularia abietina* : c'est la seule que j'ai trouvée jusqu'à présent; elle était en très bon état, ainsi que le *Sertularia* servant de support.

Campanularia integra, Macgillivray. — J'ai trouvé des *Flustra foliacea* tout couverts de cette jolie espèce; à l'œil nu, elle peut parfois être prise pour *Clythia Johnstoni*, Ald.; elle est assez rare.

Sertularia tenella, Alder. — Sur *Flustra foliacea* : à l'œil nu, on

prendrait cette espèce pour *S. rugosa*, L., ce qui est peut-être la raison pour laquelle elle n'a pas encore été signalée, car elle est assez commune.

M. *Schouteden* annonce avoir trouvé à Blankenberghe le *Disphagia attenuata*, Hincks.

UN CRUSTACÉ PERFORANT (LIMNORIA TEREBRANS) NON ENCORE SIGNALÉ EN BELGIQUE,

Par K. LOPPENS.

Il y a quelque temps, grâce à l'obligeance de M. l'ingénieur Maertens, j'ai pu examiner plusieurs pièces de bois provenant du bassin de Nieuport. Le bois employé dans la construction de l'écluse est le « green heart », *Nectandra Radiœi*, Schomburgh, réputé néfaste aux Tarets, à cause de ses propriétés toxiques qui ne permettent pas, dit-on, à ces Mollusques d'y pénétrer à plus de 2 centimètres de profondeur.

Sur les pièces que j'ai examinées, plusieurs galeries creusées par *Teredo navalis*, Linné, pénétraient jusqu'à 3 centimètres, mais pas au delà. Il s'agira de voir si ce bois ne perdra pas ses propriétés vénéneuses protectrices par l'immersion continuelle dans l'eau salée?

Un autre animal perforant a réussi à braver cette matière nocive; mais, comme je n'ai pas trouvé l'animal dans les trous forés, je ne puis dire avec certitude à quelle espèce il appartient; tout me fait croire cependant que c'est un petit Crustacé, *Limnoria terebrans*, Leach. En effet, en comparant les galeries creusées par ce Crustacé dans une pièce de bois trouvée en mer, et où les *Limnoria* étaient présentes, j'ai constaté la similitude des perforations. Plusieurs des galeries creusées dans la pièce de bois trouvée en mer pénètrent à plus de 6 centimètres de profondeur.

Je crois que cette espèce n'a pas encore été signalée sur nos côtes; il n'était cependant pas improbable de la trouver ici, puisqu'elle est commune en plusieurs points des côtes anglaises, et qu'elle vit également sur les côtes françaises. J'espère découvrir une prochaine fois l'animal dans le bois entamé.

La séance est levée à 5 $^1/_2$ heures.

Séance du 2 avril.

PRÉSIDENCE DE M. LAMEERE.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

MM. Dautzenberg, Van den Broeck et van Ertborn se font excuser.

Correspondance.

Le Secrétaire général donne lecture du programme du VIe Congrès international de Zoologie (Berne, du 14 au 19 août 1904) :

Dimanche 14 août.

8 heures du soir : Réception des membres du Congrès au Kornhauskeller.

Lundi 15 août.

9 heures du matin : Séance d'ouverture du Congrès au Palais du Parlement, dans la salle du Conseil national. Élection des vice-présidents et des secrétaires. Organisation des sections. Conférences scientifiques.

Midi : Déjeuner.

3 heures après-midi : Séances des sections à l'Université.

8 heures du soir : Réunion au Schänzli.

Mardi 16 août.

9 heures du matin : Séances des sections à l'Université.

Midi : Déjeuner.

2 heures après-midi : Séances des sections à l'Université.

5 $^1/_2$ heures du soir : Réunion au Gurten.

Mercredi 17 août.

9 heures du matin : Deuxième assemblée générale au Palais du Parlement. Conférences scientifiques.

Midi : Déjeuner.

2 heures après-midi : Séances des sections à l'Université.

8 heures du soir : Réunion au Schänzli.

Jeudi 18 août.

9 heures du matin : Troisième assemblée générale au Palais du Parlement.

Midi : Déjeuner.

2 heures après-midi : Séances des sections à l'Université.

5 heures du soir : Banquet à l'Innere Enge.

Vendredi 19 août.

Le matin : Départ pour Interlaken où aura lieu l'assemblée de clôture du Congrès et un lunch.

Des conférences scientifiques seront faites dans les assemblées générales par M. le professeur *R. Blanchard* (Paris), M. le professeur *C. Chun* (Leipzig), M. le professeur *C. Emery* (Bologne), M. le professeur *A. Giard* (Paris), M. le Dr *P.-P.-C. Hoek* (Copenhague), M. le Dr *F. Sarasin* (Bâle) et M. le professeur *W. Salensky* (Saint-Pétersbourg).

Après la clôture du Congrès, MM. les membres du Congrès seront invités à faire une excursion à Genève où une réception leur sera offerte le samedi 20 août.

Les membres du Congrès qui se rendront en Suisse par la voie de Bâle ou de Zurich et qui désireraient visiter les Instituts zoologiques de ces villes, devront s'adresser à M. le professeur A. Lang, à l'Institut zoologique de Zurich, et à M. le Dr Fritz Sarasin, au Musée d'histoire naturelle de Bâle. Ces messieurs se tiendront à leur disposition le samedi 13 août.

Tous les Zoologistes ou amateurs des Sciences naturelles peuvent faire partie du Congrès après s'être inscrit et avoir pris une carte de membre du Congrès dont le prix est fixé à 25 francs. Il sera remis à tous les membres du Congrès un exemplaire du compte rendu des travaux de la session.

Les dames peuvent faire partie du Congrès aux mêmes conditions, ou en prenant des cartes spéciales (cartes de dames), au prix de 10 francs, qui ne donnent pas droit à la réception du compte rendu des travaux. Un Comité de dames se mettra à leur disposition pendant la durée du Congrès.

Les cartes de membres du Congrès et les cartes de dames seront délivrées à partir du 14 août, au Secrétariat du Congrès.

Afin de faciliter les travaux du Comité d'organisation, on est instamment prié de s'inscrire le plus tôt possible.

Les personnes désirant faire des communications sont priées d'en aviser le Comité d'organisation *avant le 1er mai au plus tard* en donnant le titre exact de leur communication qui devra figurer au programme définitif et en indiquant les appareils dont ils pourraient avoir besoin, tels qu'appareils de projections, microscopes, etc.

Les membres du Congrès qui désireraient prendre une carte de circulation sur les chemins de fer et les lacs de la Suisse (valables pendant quinze jours ou un mois) pourront s'adresser au Comité d'organisation qui leur donnera les renseignements nécessaires.

Les demandes d'admission au Congrès et de renseignements doivent être adressées à

M. le Président du VIe Congrès international de Zoologie,
Musée d'Histoire naturelle,
Waisenhausstrasse,
BERNE.

Les envois d'argent doivent être adressés à

M. Eugène von Büren-von Salis,
p. a. Eug. von Büren & Cie, Bern.

(Berne, mars 1904.)

ÉCHANGE NOUVEAU :

La Senckenbergische naturforschende Gesellschaft, à Francfort-sur-Mein, annonce l'envoi de ces publications et accuse réception des nôtres.

Bibliothèque.

M. Weyers dépose, au nom de M. Van den Broeck, un exemplaire du *Catalogue des ouvrages de conchyliologie, etc., qui se trouvent dans les bibliothèques publiques et particulières de Belgique*, ayant appartenu à H. Nyst et annoté par ce dernier.

M. le Ministre de l'Industrie et du Travail envoie les feuilles suivantes de la *Carte géologique de Belgique au 40,000e* : Tongres-Herderen, Waremme-Momalle, Alleur-Liége, Hertain-Tournai,

Antoing-Leuze, Wasseiges-Braives, Sartine-Rongy, Laplaigne-Péruwelz, Belœil-Baudour, Jurbise-Obourg, Mons-Givry, Aulnois-Grand'Reng, Aye-Marche.

Don de M. Dautzenberg :

A. Bavay et Ph. Dautzenberg : *Description de coquilles nouvelles de l'Indo-Chine, 3e suite* (5 planches). — Ph. Dautzenberg : *Contribution à la faune malacologique terrestre et d'eau douce des îles Obi et Iolo* (1 planche) (Ex : Journal de Conchyl.; Paris, 1903).

Des remerciements sont votés aux donateurs.

Album.

M. Dewalque fait don de son portrait.

Communication.

LA TAILLE DES ANIMAUX,

Par Ad. KEMNA.

Il est des questions négligées, et parfois ce ne sont pas les moins importantes. Les phénomènes usuels, par une espèce d'accoutumance, ne s'imposent pas à l'attention paresseuse du vulgaire. La durée de la vie, sa limitation par la mort, ont fait l'objet des divagations des systèmes religieux et philosophiques; les poètes ont fait une réputation à l'Éphémère qui ne vit qu'un jour ; un traitement scientifique de la question dans une vue d'ensemble se rencontre pour la première fois chez un auteur contemporain, Aug. Weissmann, le zoologiste de Fribourg [1].

Il en est à peu près de même pour la question de la taille des animaux. Le grand public sait que cette taille varie dans des limites très étendues, et les extrêmes ont surtout fixé l'attention. L'infiniment grand et l'infiniment petit ont été longtemps un thème favori d'amplifications littéraires.

Pascal, à l'article XVII des *Pensées*, oppose à la grandeur de l'univers, « cette sphère infinie dont le centre est partout, la circonfé-

---

[1] Aug. Weissmann, *La durée de la vie*, 1881. — *La vie et la mort*, 1883. — Dans les *Essais sur l'hérédité et la sélection naturelle*, traduction française, 1892.

rence nulle part..., le Ciron, qui offre dans la petitesse de son corps des parties incomparablement plus petites, des jambes avec des jointures, des veines dans ces jambes, du sang dans ces veines, des humeurs dans ce sang, des gouttes dans ces humeurs, des vapeurs dans ces gouttes ». Le Ciron de Pascal est probablement l'Acarus du fromage; le fromage est un objet trop vulgaire pour être cité dans le style noble. Nous avons progressé depuis, en fait de petitesse; mais les Infusoires et les Microbes ont donné lieu à des considérations identiques au fond à celles de Pascal.

A l'autre bout de la série zoologique, les Cétacés ont inspiré la grandiloquence de M. le comte de Lacépède, le continuateur de l'œuvre et du style de M. le comte de Buffon. La page mérite l'honneur d'une citation : « Que notre imagination nous transporte à une grande élévation au-dessus du globe. La terre tourne au-dessous de nous : le vaste océan enceint les continents et les îles; seul, il nous paraît animé. A la distance où nous sommes placés, les êtres vivants qui peuplent la surface sèche du globe ont disparu à nos yeux; nous n'apercevons plus ni les Rhinocéros (etc.); mais sur la surface des mers, nous voyons encore des troupes nombreuses d'êtres animés en parcourir avec rapidité l'immense étendue, et se jouer avec les montagnes d'eau soulevées par les tempêtes. Ces êtres, que de la hauteur où notre pensée nous a élevés, nous serions tentés de croire les seuls habitants de la terre, sont les Cétacés. Leurs dimensions sont telles, qu'on peut saisir sans peine le rapport de leur longueur avec la plus grande des mesures terrestres. On peut croire que de vieilles Baleines ont eu une longueur égale au cent millième du quart d'un méridien. »

Laissant de côté ces exercices de collégien, nous trouvons que dans l'espèce humaine la taille a fait l'objet d'une étude objective fort soignée; on connaît la taille aux différents âges, chez les diverses races; mais c'est une connaissance purement statistique et utilitaire, par exemple, pour le recrutement des armées.

En zoologie, il y a une étude à tendance plus générale : pour la question de la variabilité des formes spécifiques, Weldon a procédé pendant plusieurs années à des mensurations de Crabes et a trouvé une augmentation faible, mais continue.

En paléontologie, les résultats sont plus importants. Dans beaucoup de séries, il y a un accroissement régulier de taille; les premiers venus sont les plus petits; les formes des couches plus récentes sont

plus grandes. L'exemple le plus connu est celui des ancêtres du Cheval. Albert Gaudry [1] a insisté sur ces faits. Otto Jækel [2] y voit le cas le plus simple d'orthogénèse dans le sens d'Eimer; c'est-à-dire une variation dans la même direction, comme immanente au groupe et comme si c'était la réalisation d'un plan préconçu. Une opinion fort répandue aussi parmi les paléontologistes attribue à l'énormité de la taille un rôle dans l'extinction des espèces, sans que ce rôle soit plus nettement défini.

Enfin, au point de vue physiologique, on admet généralement que les plus grands animaux ont un seul jeune, qui prend un temps assez long pour arriver à l'état adulte; mais cette règle ne s'applique qu'aux Mammifères.

Voilà les seules notions un peu générales qui soient courantes dans la science et ce n'est en somme pas grand'chose. Certainement, il doit y avoir davantage à tirer de ce sujet, et sans prétendre l'épuiser et en donner une théorie complète, on peut essayer de trouver quelque chose de plus.

Quand on examine dans ses très grandes lignes la répartition des divers groupes animaux d'après la taille, il y a un premier fait qui se dégage fort nettement : les êtres les plus simples, constitués par une cellule unique, les Protozoaires, sont presque tous de fort petite taille, microscopiques [3]. Tous les animaux, au delà d'une certaine dimension sont constitués par un agrégat de ces cellules; mais il est tout à fait remarquable que ces cellules conservent leurs dimensions normales; en sorte que l'augmentation de taille des Métazoaires résulte du nombre et non des dimensions de leurs cellules. Ç'a été un des étonnements de Claude Perrault, disséquant en 1681 un Éléphant d'Afrique, de ne pas trouver les fibres musculaires et tendineuses, les éléments anatomiques tels qu'on pouvait les concevoir à cette époque, gros à proportion. Les Batraciens, surtout les Urodèles, qui sont

---

(1) Albert Gaudry, *Essai de paléontologie philosophique*, 1896, chap. IV, p. 53.

(2) Otto Jækel, *Ueber verschiedene Wege phylogenetischer Entwickelung* (Verhandlungen des 5n Zool. Congresses, 1901. Berlin, p. 1074).

(3) Pour toutes les affirmations, il va y avoir des exceptions plus ou moins nombreuses, par exemple parmi les Protozoaires, les Nummulites, *Astrorhiza limicola*, *Hæckelina gigantea*, etc. Nous nous abstiendrons de les mentionner; il suffit que en général, par sa taille, un groupe considéré soit démonstratif.

parmi les plus petits des Vertébrés, ont les éléments histologiques les plus grands.

Les plus grandes cellules des organismes sont généralement les œufs et fréquemment leur taille est encore augmentée par des procédés qu'on pourrait qualifier d'indirects ou d'artificiels. La cellule-œuf proprement dite se charge de matières étrangères, sécrétées par elle-même ou par les cellules qui l'entourent et y déversent leurs produits ; ou bien ces produits se placent à côté ou autour de la cellule-œuf et le tout est entouré d'enveloppes protectrices. L'œuf de l'*Æpyornis* était quelque chose de fort volumineux ; la coquille et le blanc sont des sécrétions anhistes des conduits vecteurs; le jaune a morphologiquement la valeur d'une cellule unique et représente certainement le terme extrême de l'agrandissement de taille que peut subir un élément histologique.

Cet agrandissement est plus apparent que réel et il convient de faire de suite une distinction d'autant plus importante, que nous aurons encore à la rencontrer. Si on fait abstraction de toute la matière simplement déposée dans la cellule, pour ne considérer que le sarcode réellement vivant, on voit que la taille n'est pas si énorme. L'œuf paraît trop grand, de tout le volume des matières nutritives emmagasinées. Au point de vue spécial de la reproduction, pour sa fonction primitive et essentielle, l'œuf a une valeur physiologique égale à celle du spermatozoïde, qui est généralement parmi les plus petits des éléments histologiques. Ce sont des fonctions accessoires qui rendent le spermatozoïde trop petit et l'œuf trop grand. Le cas est d'autant plus intéressant que depuis longtemps ces différences de taille entre les deux éléments sexuels ont été mises en rapport avec la différence de ces fonctions accessoires : réserve nutritive pour l'œuf, multiplicité et mobilité des spermatozoïdes. Pour ces derniers, intervient également la question de l'entrée dans l'œuf, surtout quand l'œuf s'entoure d'une membrane avant la fécondation ; les dimensions du spermatozoïde et du micropyle doivent s'accorder, sous peine de stérilité. C'est ainsi que deux espèces d'Oursins peuvent se croiser, mais seulement dans une direction : mâle A avec femelle B, mais pas l'inverse, probablement parce que le spermatozoïde A est petit et peut traverser le grand micropyle de B ; tandis que le gros spermatozoïde de B est arrêté par le petit micropyle de A.

Les matières nutritives inertes ne sont pas réparties dans l'œuf avec une régularité parfaite ; une partie du sarcode en reste exempte ;

cette partie contient le noyau cellulaire et est aussi la seule qui va se subdiviser pour fournir les cellules de l'embryon. La différence entre le fractionnement partiel des œufs volumineux et le fractionnement total des œufs de plus petite taille est considérée comme une conséquence de la quantité plus ou moins grande de matière étrangère alourdissant le sarcode et l'empêchant de manifester ses propriétés vitales ; ce sarcode est soustrait à l'action directrice du noyau.

C'est bien là l'opinion généralement admise d'une façon plus ou moins tacite. Mais on peut se demander ce qui arriverait si un œuf accroissait sa taille, non par dépôt de matière inerte, mais par augmentation du sarcode vivant lui-même. Une vraie cellule-œuf de pur sarcode, de 2 centimètres de diamètre par exemple, subirait-elle le fractionnement complet ou le fractionnement partiel? Cette question peut s'énoncer sous une autre forme : jusqu'à quelle distance peut s'exercer efficacement l'influence directrice du noyau? Ce qui tend à faire croire que le fractionnement partiel est moins une question de surcharge par des matières étrangères inertes que de distance, c'est que des œufs avec relativement beaucoup de substance ajoutée, mais restant cependant petits (Batraciens), montrent une division totale.

Nous avons considéré trois ordres de faits : 1° taille minime des Protozoaires; 2° taille également minime des éléments histologiques des Métazoaires; 3° altération du fractionnement normal des œufs de grande taille. On peut les expliquer tous à la fois en admettant que la régulation des fonctions vitales par un organe central de coordination, qui serait le noyau, ne peut s'exercer qu'à courte distance ; la zone d'action du noyau est limitée quant aux dimensions, qui seront nécessairement celles de la plus grande masse indépendante. L'accroissement de taille n'est possible que par le subterfuge de la division cellulaire, les produits de ces divisions successives restant agrégés.

Les naturalistes et les philosophes qui ont réfléchi sur la formation de la première matière vivante sur le globe paraissent être en nombre fort restreint; du moins, bien peu ont eu le courage d'exprimer leur opinion sur une question entièrement soustraite aux méthodes ordinaires de la connaissance objective. Nous écartons d'emblée les explications théologiques d'une création dans le sens qu'y attache le vulgaire, comme ne pouvant entrer en ligne de compte dans une étude scientifique. Lord Kelvin a suggéré la possibilité que la vie a été apportée sur notre globe par des météorites, ce que

Poulton [1] a nommé quelque peu irrévérencieusement un service postal météorique de petits paquets. Cela n'est pas une solution, mais un virement de la difficulté, car la question se pose immédiatement comment la vie a apparu sur le globe dont les débris ont inoculé notre terre. Généralement, on se figure un précipité chimique colloïde et le « Bathybius Hæckeli » a dû sa célébrité transitoire à sa conformité avec cette hypothèse nécessaire; c'était, en effet, un précipité gélatineux, malheureusement de sulfate de chaux et provoqué par l'alcool. Les considérations développées ci-dessus au sujet de la taille ne concordent pas avec la notion d'une matière vivante en grandes masses continues tapissant le fond de l'océan sur d'immenses étendues. Il semble plus probable d'admettre un précipité granuleux, de matière plutôt nucléaire que sarcodique, fragmenté en petites masses dans lesquelles, par différenciation, il y a eu séparation en substance sarcodique et en substance nucléaire [2].

La vie comporte essentiellement des échanges continuels avec le milieu; les matériaux nutritifs doivent venir du dehors; les matériaux usés doivent être éliminés par sécrétion. L'intensité de ces échanges est proportionnelle à la masse; la possibilité de ces échanges est fonction de la surface. Or, dans l'augmentation de taille, la masse croît beaucoup plus vite que la surface, ou, en d'autres termes, la surface diminue relativement à la masse; de là un état limite au delà duquel l'accroissement sera arrêté par l'impossibilité de réaliser les échanges nécessaires. C'est Herbert Spencer qui a, le premier, signalé cette conséquence. L'inconvénient de la limitation de la zone d'action du noyau est évité par le fractionnement; mais le principe de la diminution proportionnelle de la surface s'applique également aux agrégats cellulaires. Au delà d'un certain nombre de cellules, nous devons donc nous attendre à trouver des dispositifs qui ne seront pas autre chose que des moyens pour tourner cette difficulté.

Les Volvocinées appartiennent à ce groupe des Flagellés, remar-

---

(1) E. B. Poulton, « Presidential address section D, British Association », Liverpool, 1896 (*Nature*, 24 septembre 1896, p. 505). Le texte imprimé porte : « A regular meteoric service », mais Poulton a dit : « A meteoric parcel-post ».

(2) Voir E. Hæckel, *Systematische Phylogenie*, I, p. 35, qui admet la formation de la matière vivante en petites masses.

quable par la confusion des deux modes de nutrition qui se partagent le monde organique. Le mode de nutrition des Volvocinées est purement végétal : absorption de substances minérales dissoutes, entrant par osmose, procédé où la question de surface libre joue un rôle prépondérant. En outre, ils sont pluricellulaires. Pour ces deux raisons, il sont précisément ce qu'il nous faut.

Mais les phénomènes, dans leur réalité concrète, ne sont jamais simples ; aucun être n'est la réalisation pure d'un principe unique. Chez les Volvocinées, la complication résulte de leurs habitudes de flottaison, de leur habitat planktonique. Or, cet habitat est connu pour imposer la forme sphérique, précisément celle où la surface est la plus faible proportionnellement au volume. L'organisme volvociné sera un compromis entre ces deux nécessités contradictoires.

Le genre *Gonium* n'a pas encore la forme sphérique ; il se compose d'une lame cellulaire dont les deux faces sont morphologiquement et physiologiquement différentes, car tous les flagella sont sur une face, l'autre ne portant aucun appendice. On pourrait le mieux expliquer cette particularité, en admettant que *Gonium* provient d'une forme fixée, de flagellés l'un à côté de l'autre en couche continue. La nutrition végétale par élaboration chlorophyllienne dégage du gaz, ce qui amène parfois des paquets d'algues à la surface ; on pourrait aussi doter l'organisme d'une enveloppe gélatineuse, simplement comme appareil de protection ; mais on sait que ces enveloppes sont très souvent de faible densité. Nous aurions donc deux causes ayant pu détacher occasionnellement des lambeaux de la masse encroûtante et donner une première impulsion vers une adaptation graduelle à la flottaison. Cette hypothèse d'un lambeau pluricellulaire, mieux qu'un individu flagellé unique libre, rend compte des particularités de *Gonium*, la face non flagellée étant l'ancienne face de fixation.

Tous les autres genres sont sphériques, ce qui est clairement une adaptation planktonique. Mais chez certains, la sphéricité résulte d'une enveloppe gélatineuse commune, les cellules elles-mêmes rappelant le stade précédent, par leur arrangement dans un seul plan. Cette enveloppe a cependant imposé une modification dans la disposition des cellules, qui sont maintenant en un cercle équatorial, le flagellum en dehors comme une couronne ciliaire ; la *plaque* cellulaire est devenue un anneau, parce que les cellules du milieu, recouvertes d'une calotte hémisphérique de gélatine, ne pouvaient pas pousser au dehors leurs fouets ni se nourrir suffisamment. Dans le

stade jeune de *Stephanosphæra*, les cellules ont encore la taille et la forme normales; plus tard, elles s'allongent, mais transversalement à leur axe morphologique, lequel va du flagellum au pôle opposé et est un rayon de la sphère; les cellules s'allongent au contraire suivant un méridien et présentent chez *Stephanosphæra* adulte la forme aberrante d'un long fuseau portant des flagella, non à un des bouts, mais au milieu de sa longueur.

Une forme qui se rattache directement à *Stephanosphæra* jeune est *Stephanoon*, découverte par Cheviakow dans l'eau douce en Australie. La colonie est un ellipsoïde de révolution, avec seize individus disposés en zigzag dans le plan équatorial. On pourrait la considérer comme la première indication d'un licenciement de la couronne équatoriale, pour répartir les cellules sur toute la surface de la sphère gélatineuse, condition réalisée chez toutes les autres espèces.

Le développement individuel de ces espèces ne confirme pas cette manière de voir. La répartition des cellules sur toute la surface, leur arrangement en une sphère se font par un autre procédé. Dans toutes ces espèces, il n'y a pas de stade *Stephanosphæra*, mais il y a un stade *Gonium*, qui donne directement la forme sphérique par incurvation des bords de la plaque cellulaire. Il faut donc rattacher ces genres directement à *Gonium* et considérer cette forme comme le point de départ de deux directions d'évolution, dont l'une se subdivise à son tour; de façon qu'il y a dans le groupe des Volvocinées trois modes pour arriver au même but : l'arrangement des cellules dans toute la sphère. Ces trois modes sont : 1° accroissement transversal, suivant les méridiens, des cellules d'une couronne; 2° licenciement de cet anneau équatorial et déplacement des cellules (ce mode est seulement indiqué et ne semble pas avoir abouti); 3° incurvation de la plaque cellulaire.

Quand il y a ainsi plusieurs méthodes appliquées pour arriver au même résultat, on peut considérer ce résultat comme ayant une certaine importance pratique pour l'organisme. L'utilité est ici une adaptation à la flottaison, comme on en connaît de multiples exemples dans beaucoup de groupes; l'organisme adopte la forme sphérique homaxone, en conformité avec l'homogénéité du milieu planktonique. Ce que les Volvocinées présentent de particulièrement intéressant, c'est que l'adaptation porte d'abord sur l'enveloppe sécrétée, tandis que les cellules restent encore dans un seul plan; ce n'est que plus tard qu'elles utilisent l'espace entier que leur fournit l'enveloppe.

Dans le genre *Pandorina*, l'incurvation de la plaque donne de suite une sphère pleine; les cellules sont disposées radiairement et chaque cellule va du centre à la périphérie. On peut concevoir un agrandissement d'une pareille colonie, par l'accroissement de taille de chaque cellule individuellement; dans l'hypothèse d'un nombre constant de cellules, la taille de l'ensemble ne sera limitée que par les causes qui limitent l'accroissement des cellules elles-mêmes. Si nous admettons ce qui a été dit plus haut sur la zone d'action du noyau, cette limite de taille sera assez vite atteinte. L'accroissement de la colonie ne pourra plus se faire alors que par augmentation du nombre des cellules, par la continuation du procédé de division qui a déjà formé la colonie.

A première vue, rien ne semble s'opposer à une forte augmentation de taille par cette méthode de multiplication. Mais remarquons que la vie planktonique continue à imposer la forme sphérique. Dès lors, il faudra de deux choses l'une : 1° groupement des cellules avec un amas interne, séparé de la surface, ne pouvant mettre les flagella en dehors et contribuer à la natation, et ne pouvant plus se nourrir ni excréter directement; 2° toutes les cellules ont les mêmes rapports, mais alors elles doivent beaucoup s'allonger; c'est ce qui s'est passé chez *Stephanosphœra*, mais l'allongement transversal ou suivant un méridien ou tangentiel, laisse la cellule en contact avec le milieu par une grande surface; l'arrangement radiaire, au contraire, ne donne plus le contact avec l'extérieur que par un seul bout, par un minimum de surface. Dans toutes les formes considérées jusqu'ici, les cellules sont en nombre relativement restreint, avec un maximum de 32, rarement 64, et toutes sont en rapport direct avec la surface.

Il en est de même encore pour *Eudorina*, mais ici il y a un changement par rapport à *Pandorina* : les cellules ne sont plus au contact, elles sont isolées et ne se réunissent plus au centre; elles forment une sphère creuse au lieu d'une sphère pleine. C'est, pour une masse sphérique, une modification analogue à l'anneau de *Stephanosphœra* par rapport à la plaque de *Gonium*. Cette modification a peu de valeur morphologique, mais elle est importante par son rôle physiologique et par ses conséquences phylogéniques. Elle a clairement pour effet de pallier les inconvénients d'une sphère pleine; elle permet aux cellules de conserver une taille et une forme normales, de s'étaler tangentiellement, de façon à communiquer par une large sur-

face avec le milieu et de se multiplier sans limites. *Volvox* a jusque 22,000 cellules.

Il y a dans le groupe des Volvocinées un développement graduel de la sexualité; la série évolutive, arrangée d'après ce caractère, concorde avec la série donnée ici et qui se trouve dans ses grandes lignes chez Bütschli [1]. Ce que nous avons voulu faire, c'est expliquer dans la mesure du possible cette évolution en précisant l'organisme primitif qui a servi de point de départ et déterminant les raisons qui ont guidé les modifications. L'arrangement des cellules dans un seul plan, permanent chez les formes les plus simples, transitoire chez toutes les autres, suggère une lame pluricellulaire encroûtante. Tous les changements se comprennent comme résultats de l'interaction de plusieurs principes, s'entr'aidant ou se gênant mutuellement : la nutrition holophytique ou végétale, la limitation de taille des cellules, la tendance à l'augmentation de taille de la colonie, la forme sphérique pour la flottaison.

Quand on compare la forme générale des végétaux inférieurs et des animaux inférieurs, on trouve des différences fort importantes. Dans les deux groupes, l'augmentation de taille est produite par pluralité cellulaire; l'individu est composé d'un nombre généralement considérable de cellules plus ou moins différenciées; mais c'est l'agencement de ces cellules qui est caractéristique. Les premiers végétaux au-dessus des Protozoaires sont filamenteux ou en plaques étalées, disposition qui a reçu le nom de thalle, désigne le groupe inférieur comme Thallophytes et se retrouve dans l'embryologie de tout le règne végétal; c'est donc un dispositif de la plus grande importance phylogénique [2]. Il se comprend comme une conséquence directe du mode de nutrition par osmose, car l'arrangement est toujours tel que toutes les cellules ont une surface de contact maximum avec le milieu. Ce principe de la surface maximum régit tout le règne végétal et les feuilles des arbres en sont une application pure.

Il n'y a rien de pareil chez les animaux. L'alimentation n'est plus un phénomène physique d'osmose de substances dissoutes dans le milieu, mais une préhension mécanique et une ingestion de parcelles solides; il n'y a plus aucune raison, à ce point de vue, pour main-

---

(1) Bütschli, *Protozoa* (Bronn's Thierreich), II, p. 770, 1883.

(2) E. Hæckel, *Systematische Phylogenie*, I, pp. 270, 281, 294.

tenir toutes les cellules en contact direct avec le milieu, et l'augmentation de taille peut se faire par accumulation massive de cellules. Mais alors la fonction excrétoire nécessite un organe particulier.

Déjà chez les Protozoaires animaux, ces deux fonctions de la nutrition sont spécialisées; il y a une bouche et des vacuoles contractiles. Ce n'est donc pas sans raison que l'on a considéré ces vacuoles comme un caractère animal. Les fonctions nécessairement dévolues à la surface chez les végétaux se passent à l'intérieur chez les animaux; cette définition s'applique aussi bien aux Protozoaires qu'aux Métazoaires.

Les premiers stades embryonnaires des animaux, représentatifs de stades phylogéniques, sont la morula et la blastula : un amas de cellules, qui devient ensuite une sphère creuse. Il y a là au moins une similitude avec l'évolution des Volvocinées. Mais là s'arrêtent les ressemblances. Dans le règne végétal, cette évolution est un cas exceptionnel; elle n'est pas allée plus loin; elle a été phylogéniquement stérile. Au contraire, chez les animaux, la blastula se transforme en gastrula pour constituer une cavité digestive interne. Le stade morule avec une partie des cellules en dedans est contre-indiqué chez les végétaux; en revanche, le stade blastule, c'est-à-dire l'étalement en surface de toutes ces cellules sous forme d'une sphère creuse, ne peut pas avoir chez les animaux la même raison que chez *Volvox*, c'est-à-dire une nécessité de nutrition. Le but est probablement autre : permettre à toutes les cellules de collaborer à la fonction de locomotion.

Cette intercalation d'un stade blastulaire pour la nécessité transitoire de la locomotion ciliée a eu des conséquences importantes. Logiquement, on pourrait concevoir la continuation du stade morule, car, par suite de la nutrition animale, rien ne s'oppose à l'accumulation des cellules; la série évolutive aurait pu passer directement du stade morule au stade planule par le procédé histologique de la délamination; la formation d'une bouche et d'un archentéron aurait été la répétition du procédé suivi chez les Protozoaires : une localisation, ou plutôt une fixation de l'endroit d'ingestion. D'après ce raisonnement, Ray Lankester aurait raison de considérer cette larve comme plus primitive; mais cela ne veut pas dire que, en fait, cette évolution est la plus probable. De même que chez les Volvocinées, il

n'y a pas eu application d'un principe unique, mais de plusieurs principes, et l'avantage considérable d'une locomotion pour la dissémination a parfaitement pu altérer le cours de l'évolution tel que l'aurait déterminé la seule considération de la nutrition.

Étant donnée une blastula, le mode le plus simple de formation d'une cavité digestive est l'invagination, qui donne alors deux feuillets cellulaires emboîtés. Sauf l'emboîtement, nous avons dans tout le groupe des Cnidaires ou Cœlentérés le principe des lames cellulaires étalées, comme chez les Thallophytes, avec un minimum de différenciation des cellules, et une absence d'organes excréteurs spécialisés. Comme chez les Thallophytes, une forme un peu massive aurait été impossible, sans la formation entre les deux feuillets, d'une sécrétion faisant fonction de squelette; c'est le squelette qui permet l'agrandissement de taille, surtout chez les formes fixées, leur croissance en sens contraire de la pesanteur. Mais il y a toujours, chez les Cœlentérés, absence d'organes parenchymateux et de système spécial excrétoire. La preuve que ces deux dispositifs sont connexes en fait comme ils le sont en logique, nous est fournie par leur apparition simultanée chez les premiers animaux au-dessus des Cœlentérés, les Turbellariés polyclades. C'est seulement chez eux que commence l'intégration massive dans le sens de Spencer, avec la complication concomitante : des organes variés, des différenciations histologiques importantes (comme, par exemple, des glandes).

Parmi les végétaux unicellulaires, il y a un groupe où les individus de chaque espèce sont condamnés à diminuer de taille : dans la multiplication par division des Diatomées, les deux valves sont utilisées et dans chacune d'elles se forme une nouvelle valve intérieure; la petite valve interne de l'individu primitif est donc complétée par une nouvelle valve plus petite et ainsi de suite. Il faut donc qu'il y ait un ou plusieurs procédés pour ramener de temps en temps la taille normale, et c'est ce qui a lieu en réalité. Sans entrer dans le détail [1], mentionnons que, parmi ces moyens, il y a la conjugaison : deux individus confondent leur protoplasme pour former une spore donnant un individu de grande taille.

---

[1] Voir Dr H. van Heurck, *Traité des Diatomées*, 1899, p. 13, pour un résumé de la question.

Les recherches classiques de Maupas sur la dégénérescence sénile des Infusoires ciliés montrent également une diminution graduelle de la taille, diminution accentuée par les conjugaisons entre parents. Au contraire, il y a rétablissement de la vitalité et de la taille quand, par le mélange des cultures, on permet la conjugaison entre individus de lignées différentes.

Un cas à peu près analogue est le dimorphisme des Foraminifères : une même espèce représentée par deux groupes d'individus différant beaucoup par la taille; mais ce qui rend le fait plus intéressant encore, c'est que la taille initiale des deux formes est inverse; la loge initiale des grandes formes est une microsphère, celle des petites formes est, au contraire, une macrosphère d'un volume beaucoup plus considérable. Les petits individus macrosphériques sont probablement produits par génération agame; les grands individus microsphériques résultent de la conjugaison de deux zoospores. Il y a donc ici aussi rétablissement de la taille à la suite d'une conjugaison, avec la circonstance curieuse que cependant la masse initiale est beaucoup plus petite.

Nous sommes certainement ici devant des faits importants; leur identité (dans les grandes lignes) chez des groupes aussi différents que les Diatomées, les Ciliés, les Foraminifères, permet de croire qu'ils sont plus répandus chez les Protozoaires. Leur étude est loin d'être complète, par exemple le rôle des noyaux n'a été déterminé que chez les Ciliés. Comme explication théorique, il n'y a absolument rien; car dire que la conjugaison donne une impulsion nouvelle, augmente la vitalité, est une simple transcription verbale des faits.

Un des plus grands Protozoaires est la *Gregarina gigantea* du Homard, qui a fait l'objet d'un travail bien connu de Éd. van Beneden; l'animal atteint 16 millimètres de longueur. La cellule interne de *Dicyema* est relativement grande encore. Les deux animaux sont des parasites et l'on peut se demander si cette taille extraordinaire n'est pas dans un rapport quelconque avec leur genre de vie spécial. L'énorme longueur que peuvent atteindre les Ténias est bien certainement une adaptation de ce genre; on admet aussi qu'il en est de même pour les grands Ascarides parmi les Nématodes, avec cette particularité fort intéressante que leur augmentation de taille résulte de l'augmentation de taille de leurs éléments histologiques; il y a à

peu près le même nombre de cellules, mais elles sont beaucoup plus grandes [1].

Les deux groupes des Sporozoaires et des Nématodes ont dans leurs grandes lignes une évolution analogue. Comme pour tous les autres parasites, il faut chercher leurs ancêtres dans des êtres libres. Il y a encore beaucoup de Nématodes menant une vie libre et indépendante ; on ne connaît pas de Sporozoaires libres, mais il ne peut pas y avoir de doute qu'il n'y en ait eu primitivement. Parmi les formes parasites des deux groupes, il y a des parasites qui occupent l'épaisseur même des tissus ou des organes; d'autres vivent dans l'intestin. Il est clair que c'est là le mode primitif de parasitisme et que la pénétration dans la profondeur des organes massifs est une adaptation secondaire et plus spéciale. Mais alors nous avons le cas du groupe plus primitif des parasites intestinaux montrant une taille plus grande que le groupe secondaire des parasites des tissus et des organes. En prenant comme progéniteur une forme de taille moyenne, l'évolution s'est exercée dans le sens d'une augmentation de taille chez certains représentants restant dans l'habitat intestinal, dans le sens d'une réduction de taille pour l'habitat dans les tissus. Ces différences sont faciles à comprendre; le tube digestif permet l'allongement infiniment mieux que les tissus. Il y a cependant des exceptions, comme la taille énorme du Cœnure dans le cerveau. Pour les Sporozoaires, leur nature protozoaire leur a permis de devenir des parasites intracellulaires.

Le principe de l'accroissement de taille dans la série phylogénique n'est donc pas absolu ; parmi les Protozoaires, on peut citer plusieurs exceptions encore. Les deux séries *Astrorhiza* et *Rhabdammina* des Foraminifères arénacés irréguliers commencent par des formes étoilées avec chambre centrale bien développée et de dimension relativement fort considérable : *Astrorhiza limicola* et *Hæckelina gigantea* (cette dernière, généralement considérée comme identique à *A. limicola*, doit, en bonne logique, commencer la série des *Rhabdammina* à

---

[1] M. Lameere a eu l'obligeance de signaler à mon attention le passage suivant de Hatschek, *Lehrbuch der Zoologie*, page 386, à propos des Acanthocéphales : « Zweifellos haben diese Thiere durch Anpassung an den Parasitismus, ihre eigene Organisation erworben; auch scheint es mit Rücksicht auf die merkwürdigen histologischen Verhältnisse, besonders die riesenhafte Zellenelemente, nicht unwahrscheinlich, dass sie von kleineren Thierformen abstammen und dass sie erst durch den Parasitismus eine bedeutende Grössenzunahme erfahren haben. »

ciment durci). Pour toutes les autres espèces, il y a manifestement réduction de masse. Dans son ensemble, le groupe des Foraminifères arénacés irréguliers ou tubulaires, dont on fait dériver les Foraminifères calcaires (ce qui est vrai pour les Perforés), se caractérise par une forte taille.

Dans les deux groupes de Foraminifères calcaires, Imperforés et Perforés, l'évolution va ensuite régulièrement par augmentation de taille. Les grands *Orbitolites* et les grandes *Nummulites* sont aussi les structures les plus compliquées, les termes extrêmes de séries morphologiques. L'accroissement de taille se fait pour la coquille, par addition successive de loges, mais suivant deux modes primitivement distincts, en rapport avec la flexostylie des Imperforés et l'orthostylie des Perforés ([1]).

Les grands Arénacés auront été également des géants, comparés à leurs devanciers, car ils sont parmi les plus grands des Protozoaires. On doit donc se représenter l'évolution, dans ce cas, comme amenant graduellement chez quelques espèces d'un groupe zoologique, une très forte augmentation de taille. Ces formes géantes, loin d'être phylogéniquement stériles, se mettent alors à se modifier rapidement et à donner naissance à une grande variété de formes plus petites, qui recommencent ensuite une nouvelle série ascendante quant à la taille.

Il est assez difficile de dire si d'autres séries animales présentent la même périodicité. Gaudry fait remarquer que chez les Oiseaux et les Insectes, il semble y avoir eu tendance à la diminution de taille. La faculté d'aviation peut être considérée comme ayant été acquise par des animaux à parachute; les Reptiles volants, précurseurs des Oiseaux, commencent par des formes assez petites; mais les dernières venues, comme *Pteranodon*, atteignent une taille beaucoup plus grande. Les Insectes du Carbonifère sont énormes; mais ici, l'exemple n'est pas tout à fait adéquat, car nous avons des précurseurs géologiques mais non zoologiques; ces grands Arthropodes avec ailes sont non seulement déjà des Insectes, mais peuvent même déjà se rapporter à des sous-groupes. Chez les Mammifères, les animaux à parachute sont généralement aussi plus grands que les chauves-souris vraies. Tel est le cas pour *Galeopithecus*, que l'on considère comme un

---

([1]) Voir les communications sur les Foraminifères dans les fascicules antérieurs (1903) de ce recueil.

Insectivore. Les Cheiroptères sont divisés en deux groupes : Mégacheiroptères et Microcheiroptères; les premiers sont notablement plus grands et manifestement aussi plus primitifs, moins spécialisés que les autres. On pourrait objecter que les Ptérodactyles ne sont nullement les ancêtres des Oiseaux, pas plus que le Galéopithèque n'a donné les Cheiroptères. Ce n'est pas là ce qu'il s'agit de démontrer et cela n'est pas nécessaire pour l'argumentation ; il suffit d'établir que le stade primitif de l'appareil aéroplane permet une taille plus grande que ne semble le comporter l'appareil aérien automoteur.

Au sujet de l'influence de la taille sur la variabilité des organismes, il y a une intéressante observation de Hecht sur les Nudibranches : « Quand les conditions de la vie sont particulièrement favorables pour une espèce, elles peuvent amener chez ses représentants une exubérance vitale qui se traduit par de très fréquentes variations. Loin que ce soit l'effet du simple hasard, les variations, je l'ai souvent remarqué, s'observent de beaucoup le plus fréquemment chez les animaux les plus grands et les plus vigoureux [1]. » En paléontologie végétale, je me suis laissé dire que l'accroissement de taille est souvent le début d'une diversification phylogénique. Il y a des remarques analogues de Plate [2] pour les Chitonidés. Toutes les espèces dépassant 5 centimètres habitent la zone tout à fait superficielle du ressac. « Beaucoup d'espèces deviennent d'autant plus grandes que le ressac est plus fort; de sorte que les géants de leur genre (les plus grands exemplaires de l'espèce?) ne se trouvent que sur les récifs situés au large. Cela est probablement en rapport avec le fait que le recouvrement d'algues est exceptionnellement développé sur ces récifs. Comme il a été souvent signalé dans ce travail, les grands Chitons sont aussi toujours les plus différenciés, de sorte que la dépendance du degré d'organisation, du genre de vie, se laisse facilement reconnaître (p. 508). » D'autres passages analogues se trouvent pages 512, 532, 535, 583. Si je comprends bien l'idée de Plate, beaucoup de caractères anatomiques, considérés comme supérieurs chez les Chitons, sont la conséquence directe d'une grande taille, comme par exemple l'augmentation du nombre de branchies, la complication des reins, des ouvertures cardiaques supplémentaires ;

---

(1) Em. Hecht, *Mémoires de la Société zoologique de France*, 1895, VIII, p. 539.

(2) L. Plate, *Anatomie und Phylogenie der Chitonen*, Fauna Chilensis, 1901, Band II.

ces modifications uniquement dues à une augmentation de taille rentrent dans notre sujet; mais l'exemple n'est pas tout à fait typique pour ce paragraphe spécial, car les espèces les plus grandes sont non le commencement, mais le terme de leurs séries zoologiques. Francotte [1] a signalé des cas de gigantisme chez un Polyclade *Prosthoceræus vittatus;* le gigantisme de l'individu s'accompagne d'un gigantisme des œufs et surtout du premier globule polaire, presque aussi gros que l'œuf lui-même; les trois anomalies de taille sont fréquemment, mais non constamment connexes.

L'origine des Mollusques a donné lieu à plusieurs opinions; les uns les rattachent aux Turbellariés, les autres aux Annélides. Malgré ces divergences, on est très généralement d'accord sur les caractères à attribuer au pro-Mollusque; la plupart des auteurs en ont donné des figures et ces figures ne diffèrent que par des détails. Un tel accord est trop rare en phylogénie pour ne pas être signalé.

Ce pro-Mollusque donc est un organisme mou, sans squelette interne, mais protégé dorsalement par une coquille plate patelloïde; sa face ventrale fortement muscularisée constitue une sole de reptation, fort improprement dénommée pied; la peau du dos déborde tout autour du pied, et cette duplicature cutanée est le manteau; dans la rainure ainsi formée et dite cavité palléale, s'ouvrent en arrière l'anus et les organes génito-urinaires et se trouve une paire de branchies plumeuses (cténidies) avec un organe épithélial sensoriel (*osphradium*). L'animal est bilatéralement symétrique et son contour est à peu près circulaire ou tout au plus faiblement elliptique, avec le grand axe d'avant en arrière dans le sens de la locomotion. A la partie antérieure, il y a une tête différenciée.

Cette représentation du pro-Mollusque est basée sur les résultats de l'anatomie comparée et de l'embryologie; la netteté des renseignements fournis par ces deux sciences et leur concordance sont la cause de l'accord qui règne entre les zoologistes.

Tous ces caractères du pro-Mollusque ont de plus l'avantage d'être nettement des adaptations à un mode de vie déterminé, dans un milieu déterminé : l'animal rampe dans la zone côtière tout à fait

---

[1] P. Francotte, « Recherches sur la maturation, la fécondation et la segmentation chez les Polyclades » (*Mémoires étrangers de l'Académie de Belgique*, 1897, t. LV, p. 21, 27, 36 et 47).

superficielle, soumise à l'action des vents, des courants, des marées, des vagues. Dans ces conditions, le pied n'a pas seulement à agir comme appareil de locomotion; il joue un rôle important comme fixation, pour résister aux actions d'entraînement; la duplicature cutanée ou manteau aura été primitivement un appareil de protection pour les branchies, organes vascularisés et tendres; elle a pu servir aussi à emmagasiner une réserve d'eau quand la marée se retirait. Toutes ces considérations, et bien d'autres encore, sont courantes dans la littérature déjà abondante sur la phylogénie et l'évolution des Mollusques.

Les anciens anatomistes de l'école des plans de structure de Cuvier ont éprouvé quelque difficulté à définir exactement le type mollusque. En somme, l'animal est une espèce de sac, le « Hautmuskelschlauch » des naturalistes allemands, et dans ce sac sont jetés les organes, pêle-mêle et au hasard. La conception des savants n'avait certes pas cette naïve simplicité; mais cependant, toutes les diagnoses insistent sur le manque de symétrie, soit radiaire, soit linéaire, de l'organisation. Il y a dans tout le groupe une tendance à la concentration, à l'agglomération massive, fort différente de l'arrangement métamérique des autres groupes; surtout, il n'y a jamais la moindre indication d'appareils moteurs latéraux, pas même des soies ou piquants. Cette absence se comprend facilement; la locomotion doit être un déplacement, mais avec maintien constant de l'adhérence au support, double condition que réalise parfaitement la sole musculaire ventrale et que des membres saillants, même articulés, ne réaliseraient pas du tout. Cette sole musculaire est un organe physiologiquement unitaire qui ne montre aucune tendance à se subdiviser en parties métamériques. La coquille a la même tendance unitaire, car les organes se groupent et se serrent pour pouvoir bénéficier de sa protection. Chez les Annelés, Articulés et Vertébrés, les masses musculaires sont latérales et c'est leur segmentation (une nécessité physiologique), qui est l'élément essentiel de la métamérie. La situation ventrale des muscles chez les Mollusques, l'homogénéité fonctionnelle de cette sole rampante et fixatoire sont incompatibles avec une segmentation en métamères.

Chez un organisme à symétrie bilatérale, avec un axe principal dans le sens duquel se fait le mouvement, axe dont le pôle antérieur est spécialisé en une tête par l'accumulation d'organes sensoriels, le mode le plus simple et le plus naturel d'augmenter la taille est d'ac-

croître cet axe principal, c'est-à-dire de s'allonger. Ce principe est démontré par les trois groupes déjà cités des Annelés, des Articulés et des Vertébrés. C'est aussi le procédé qui a été appliqué en premier lieu dans le phylum des Mollusques. Les Amphineures, par les Chitonidés, sont le pro-Mollusque simplement allongé. Ils ont conservé la symétrie bilatérale originelle et montrent une tendance à la métamérie, par la répétition de certains organes, conséquence de leur allongement, d'après Plate.

En réalité, cette interprétation n'a pas chez Plate une portée aussi générale et elle n'est pas appliquée, notamment à la coquille multiple, à la polyplacophorie; ce caractère est mis en rapport avec la faculté de se rouler en boule. Or, il est facile de montrer que la polyplacophorie est une conséquence directe de l'augmentation de taille par allongement. Tant que l'organisme reste à peu près circulaire, la coquille patelloïde ne gêne pas les mouvements latéraux; mais supposons cette coquille allongée pour suivre l'allongement du corps, transformée par conséquent en une gouttière rigide : tous les mouvements de flexion deviennent impossibles. Ce n'est point là une simple vue de l'esprit; Simroth [1] signale que chez certains Néoménides l'épaisseur de la cuticule amène « une rigidité qui semble gêner au plus haut point, notamment toute flexion latérale ». Le fractionnement de la coquille patelloïde, ou, ce qui revient pratiquement au même, sa répétition métamérique en pièces distinctes au lieu de l'allongement d'une pièce unique, a certainement pour effet d'éviter cet inconvénient de la rigidité, de donner à l'animal la flexibilité nécessaire.

Les Chitonidés se sont fort étroitement adaptés à la zone du ressac, comme l'a montré Plate. Une de ces adaptations est probablement la perte des otocystes, comme chez les espèces arénicoles *Balanoglossus* et *Amphioxus*. Dans le tumulte constant des vagues qui déferlent, des organes auditifs deviennent inutiles, de même qu'on est « assourdi » par le vacarme d'un grand concert Le développement extraordinaire des organes sensoriaux cutanés, aesthètes et yeux, est probablement une compensation. Les Amphineures ont pourtant essaimé dans les régions inférieures; mais l'allongement n'est guère compatible avec l'organisation du Mollusque et le groupe ne s'est guère diversifié; il semble au contraire avoir rétrogradé.

---

[1] Simroth, *Mollusken* (Bronn's Thierreich), p. 144.

Quand il y a à atteindre un but important, généralement l'organisme s'y prend de diverses façons, qui ne sont pas toutes également heureuses. C'est ce que nous avons vu dans le groupe restreint des Volvocinées, et c'est ce que nous verrons de nouveau dans le grand phylum des Mollusques. L'accroissement de taille par allongement du grand-axe est, en somme, une tentative avortée. Dans une autre direction d'évolution, il y a eu accroissement de taille par augmentation du diamètre vertical, c'est-à-dire par élévation, et constitution du dôme viscéral caractéristique des Mollusques ordinaires; la coquille patelloïde prend la forme d'un dé à coudre ou d'un cône plus ou moins surbaissé. Cette forme, qu'on pourrait nommer « conoconche », se trouve dans l'embryologie des Céphalopodes, Scaphopodes, Lamellibranches et Gastéropodes. Tous ces groupes descendent donc du pro-Mollusque par application de la même méthode d'accroissement de taille. Cette méthode a donc été d'une grande fertilité phylogénique; c'est qu'en massant tous les organes sous la coquille, elle est conforme à la tendance du type mollusque.

Mais ce procédé a aussi ses inconvénients. Une masse dorsale élevée, ballottée par les courants, est bien ce que l'on peut imaginer de plus incommode pour un organisme rampant. Par sa forme élevée, elle est plus ou moins en équilibre instable; par sa grande surface, elle donne prise aux courants et intensifie par sa hauteur, comme par un bras de levier, l'action d'arrachement; par son poids, elle comprime les tissus étalés sur la sole musculaire et, légèrement inclinée en arrière par le courant contre lequel l'animal marche, elle obture la cavité palléale et coupe la respiration. Il y aura donc une limite tôt atteinte à l'accroissement de taille par élévation de ce cône. Dans les groupes en lesquels le « conoconche » s'est diversifié, on peut donc s'attendre à trouver des moyens par lesquels l'organisme a essayé de tourner la difficulté de s'accroître.

Il y en a un qui doit avoir été immédiatement appliqué, puisqu'il est commun à tous les groupes : c'est l'incurvation du cône en avant. Cette inflexion diminue la hauteur; elle déplace le centre de gravité du dôme viscéral en avant, ce qui dégage la branchie et reporte le poids sur la partie antérieure du corps.

Cette dernière modification a pour conséquence de permettre une plus grande rapidité dans la reptation et d'assurer une meilleure fixation.

Em. Hecht (p. 617) a remarqué que chez les Nudibranches, dont le

corps est aplati et de masse à peu près semblable aux deux extrémités, les mouvements sont relativement lents; au contraire, les espèces chez lesquelles les viscères sont reportés en avant sont les plus agiles et les plus rapides. La position du centre de gravité en avant favorise la reptation accélérée; et il en donne une démonstration mécanique avec parallélogramme des forces, etc.

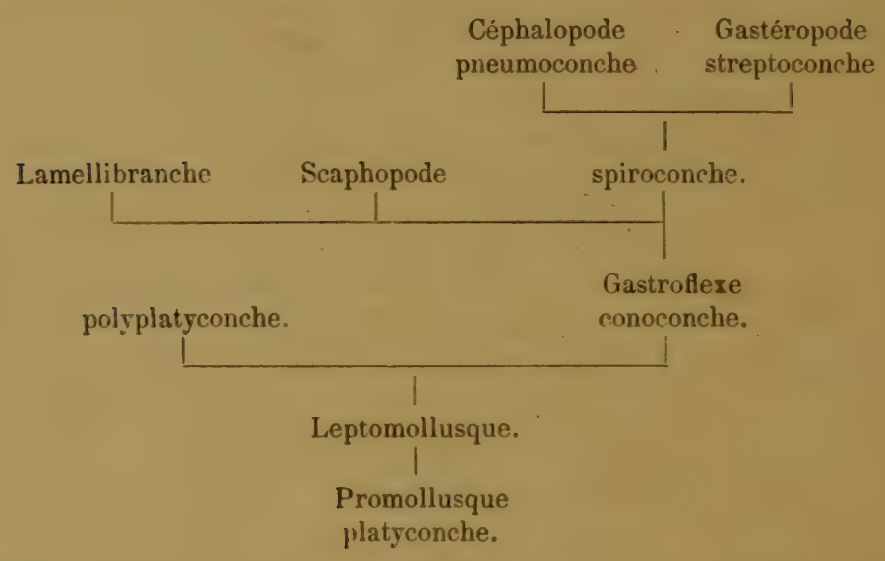
Pour la fixation, on doit se figurer l'animal faisant face au courant. Il suffit alors que la partie antérieure soit bien adhérente; si elle pouvait être retournée, l'animal courrait le risque d'être arraché.

L'incurvation allant jusqu'à l'enroulement permet un développement plus considérable de la coquille; on n'a qu'à se représenter une Ammonite ou un Gastéropode déroulés pour comprendre qu'un tel dispositif serait une impossibilité matérielle. Ce développement ou augmentation de taille comporte naturellement une augmentation de surface et, par conséquent, d'action des courants. Il faut donc augmenter les moyens de fixation. Cela s'est fait par deux procédés : extension de la sole musculaire par allongement en arrière, d'où les Gastéropodes; développement de la sole musculaire en avant, autour et devant la bouche et laciniation du pied en bras, d'où les Céphalopodes.

L'allongement postérieur du pied a été invoqué comme la cause du déplacement latéral du complexe palléal et de l'asymétrie des Gastéropodes. La pneumatisation de la coquille des Céphalopodes n'a pu avoir primitivement d'autre but que d'alléger la coquille et d'éviter l'écrasement des parties molles. Les deux caractères distinctifs des Céphalopodes — la pneumatisation de leur coquille et la subdivision du pied céphalique en bras — sont donc des adaptations à la vie rampante. Cette pneumatisation, en supprimant l'inconvénient du poids, a de nouveau permis un accroissement de taille qui a été considérable, et clairement aussi a permis la flottaison.

Résumant cette évolution, nous trouvons que le pro-Mollusque platyconche à contour circulaire a commencé par augmenter sa taille par allongement antéro-postérieur : leptomollusque. La continuation telle quelle de cette direction d'évolution a donné les Amphineures ou « polyplatyconches » ; dans un autre groupe, il y a eu élévation, probablement par inflexion de la face ventrale, rapprochement de l'anus de la bouche (Pelseneer) : Gastroflexe conoconche; les groupes Scaphopode et Lamellibranche ont divergé à ce stade. La coquille continue à s'accroître et se roule en spirale plate : « spiroconche » ;

deux directions d'évolution ont donné les Céphalopodes « pneumoconches » et les Gastéropodes à coquille tordue asymétrique ou « streptoconches ». Le tableau suivant montre ces rapports :



C'est parmi les Céphalopodes que se rencontrent les plus grands des Invertébrés. L'accroissement de taille des « Poulpes » et des « Calmars », comparés au groupe primitif des Tétrabranchiés, est plus considérable qu'il ne paraît à première vue ; chez les Ammonites fossiles, comme chez le Nautile actuel, il faut faire abstraction de toute la partie pneumatisée de la coquille ; la dernière loge est seule occupée et donne la taille de l'animal vivant, qui n'est qu'une fraction assez minime de la taille de la coquille. Chez les Dibranchiés, la coquille est devenue rudimentaire et les mesures s'appliquent intégralement à l'animal réel ; il n'y a rien à défalquer pour des enveloppes sécrétées inorganiques. Les grands Céphalopodes ne sont dépassés que par des Poissons, des Reptiles et des Mammifères.

Les caractères spéciaux du groupe des Céphalopodes ont-ils quelque rapport avec cette énorme augmentation de taille? A priori, une telle relation est plus que probable. L'abandon de la vie rampante et du contact permanent avec le sol, pour la natation en pleine eau, a certainement été une cause déterminante ou tout au moins une circonstance qui a rendu possible ce développement. La situation circumorale et surtout la laciniation ont transformé le pied locomoteur en un formidable organe d'attaque; tous les Dibranchiés sont carnassiers et nageurs rapides ; ils ont abandonné un appareil protecteur encombrant et, comme pour tous les autres groupes supé-

rieurs du règne animal, remplacé la tactique défensive par une offensive énergique.

J'ai montré ailleurs [1] les rapports entre la taille et l'activité avec le développement de l'appareil respiratoire. Pour la respiration aquatique, l'organe est généralement un appendice externe, sous forme de branchie plumeuse : il en est de même chez les Mollusques, et le terme spécial de « cténidie » n'était pas absolument indispensable. Ce que la cténidie offre de particulier, c'est qu'elle n'est pas en rapport avec des membres, comme chez les Annélides ou les Arthropodes (les membres n'existant pas chez les Mollusques); elle est probablement une formation autonome de la rainure palléale dans sa région postérieure. Cet emplacement postérieur, à cause de la proximité de l'anus, semble singulier pour des organes pour lesquels la pureté de l'eau est une condition importante (Plate); il doit donc y avoir eu des raisons pour imposer cet emplacement. Les cténidies paraissent situées au point où les courants de sillage quittent le corps et où par conséquent leur action perturbatrice de résistance dans la locomotion est réduite au minimum. En réalité, les cténidies sont aussi loin de l'anus et aussi en avant que le permet cette action mécanique des courants.

Toutes ces considérations s'appliquent avec plus de force aux Céphalopodes plus mobiles et de plus grande taille ; sans une modification profonde de l'appareil respiratoire, cette direction d'évolution aurait tourné court. Cette modification consiste en la transformation de la cavité palléale en un appareil propulseur hydraulique, par approfondissement de cette cavité, avec dispositifs spéciaux à son ouverture pour diriger l'effet de réaction hydrostatique. Parmi ces dispositifs spéciaux, il faut compter en première ligne la liberté d'espace devant l'orifice palléal; l'atrophie de la partie postérieure du pied réalise cette condition. Plus la natation est énergique, plus vite s'opère le renouvellement de l'eau dans la cavité palléale, qui contient les branchies; il y a donc une autorégulation entre natation et respiration. Les branchies, organes anatomiquement externes, sont devenues par la fermeture de la cavité palléale, topographiquement internes, comme chez les Crustacés supérieurs; chez les Vertébrés, ils sont morphologiquement internes.

D'autres Mollusques encore se sont adaptés à la natation, mais

---

[1] *Caractères généraux des Vertébrés*, ce recueil, année 1903.

seulement après l'évolution en Gastéropodes, ce qui exclut tout parallélisme et toute convergence avec les Céphalopodes. En fait, la difficulté avec les branchies est résolue d'une façon inverse, par atrophie graduelle de l'appareil, la fonction respiratoire étant reprise par la peau; aussi y a-t-il réduction de taille, comme on peut le voir clairement dans la série bien graduée des Hétéropodes, *Atlanta*, *Carinaria*, *Pterotrachea*. Il y a également diminution de taille chez les diverses formes réunies sous la désignation commune de « Ptéropodes ». Les Nudibranches aussi sont fort instructifs et plusieurs particularités tout à fait étranges, telles que la présence de nématocystes, la présence de diverticules hépatiques dans les « branchies » dorsales et la perforation de ces diverticules, sont probablement des moyens de protection pour les branchies; celles-ci disparaissent même chez certains genres. Dans tous ces cas, il y a donc régression; les groupes affectés par cette diminution de taille se sont engagés dans une impasse et sont devenus phylogéniquement stériles; ce sont des extrémités de rameaux.

Chez beaucoup de Mollusques, on constate des variations régionales de taille; ces variations parfois considérables se laissent plus ou moins directement mettre en rapport avec des modifications du milieu. Sans entrer dans le détail des faits particuliers ([1]), on peut dire en général que tout écart des conditions moyennes et normales pour une espèce, tend à réduire la taille. On a signalé les températures trop froides et trop chaudes, les écarts trop prononcés des températures estivales et d'hiver, la trop grande salure (lac d'Aral), la rapidité des courants, l'altitude et l'insuffisance de calcaire pour les formes terrestres. Semper (1874) a prétendu démontrer expérimentalement chez *Limnæa stagnalis*, la proportionnalité de la taille, au volume d'eau dans lequel le développement s'est effectué; il attribuait ce fait à l'existence dans l'eau d'une substance stimulante, nécessaire à la croissance. Les faits ont été confirmés par de Varigny (1894), qui constate toutefois que c'est moins la capacité des vases que leur superficie qui semble agir; d'après lui, le retard de croissance proviendrait du manque d'exercice suffisant que peuvent se donner les jeunes dans les petits vases. Notre confrère Victor Wil-

---

([1]) Un résumé se trouve dans A.-H. Cooke (Cambridge Natural History). *Molluscs*, p. 83.

lem [1], de l'Université de Gand, a repris les expériences et a prouvé que c'est tout simplement une question de quantité d'oxygène disponible; l'effet est d'autant plus marqué que les Limnées ont une respiration cutanée fort active; dans des vases de même capacité mais où l'un est convenablement aéré, on trouve les mêmes différences de taille. Il est donc inutile de recourir à l'action d'une substance inconnue, présente dans l'eau à dose homéopathique, ou aux bienfaits de la gymnastique.

Toutes ces influences doivent finalement se traduire par des modifications de la nutrition. La rapidité de croissance des larves d'Astéries est en rapport avec l'abondance de la nourriture; les tailles de deux individus de même âge très inégalement nourris peuvent varier de 1 à 18 [2].

Nous avons considéré la taille du Nautile et des Ammonites comme artificiellement augmentée de tout le volume de la partie pneumatisée de la coquille. De même chez les Volvocinées, il y a surajouté à la cellule, une volumineuse sécrétion gélatineuse; ou l'arrangement en sphère creuse chez *Volvox* augmente considérablement le diamètre. Des cas analogues sont la vacuolisation du sarcode des Radiolaires et de quelques Foraminifères, — le « Haus » des Appendiculaires, qui a plusieurs centaines de fois le volume de l'animal, — l'ombelle des Méduses, qui est une hypertrophie de la lame squelettique anhiste. Or, tous ces exemples sont des animaux à habitat planktonique, adapté à une vie flottante passive; même les Céphalopodes tétrabranchiés rentrent dans cette catégorie. Cette augmentation de taille se fait par des substances de faible densité; l'avantage réside probablement dans l'augmentation de friction résultant d'une augmentation de surface; depuis longtemps les piquants des Radiolaires, Foraminifères et Diatomées pélagiques ont été interprétés comme parachutes.

Le cas des Méduses est des plus intéressants. Il est singulier que chez un organisme pélagique, de structure rayonnée, l'adaptation

---

(1) Victor Willem, *Bulletins de l'Académie Royale de Belgique*, 1896, t. XXXII, n° 11, p. 563.

(2) A. Mead, *Amer. Naturalist*, 1900; cité par Delage et Hérouard, *Traité Zool. concrète*. Échinodermes, p. 67.

n'ait pas amené une forme sphérique; l'étalement discoïde de l'ombelle est à ce point de vue une anomalie.

La concavité de la face inférieure de l'ombelle joue un triple rôle : elle agit comme parachute, mais aussi comme appareil releveur, non seulement passivement sous l'effet des courants ascendants, mais aussi activement par le jeu des muscles qui la garnissent.

A égalité de fréquence et d'intensité de courants alternativement ascendants et descendants, un organisme sphérique n'obéit en définitive qu'à l'action de la pesanteur, car par hypothèse, les courants dans les deux sens neutralisent leur effet total. Mais avec une ombelle convexe au-dessus, concave en dessous, il y aura relèvement, pour la même raison qui fait tourner l'anémomètre, la face convexe des capsules en avant. L'observation directe a confirmé ces déductions. Il est impossible de conserver des Méduses dans un aquarium plus d'une couple de jours; elles s'épuisent en contractions musculaires pour se maintenir en flottaison. Il suffit d'installer un agitateur vertical pour les maintenir en excellente santé pendant des semaines ([1]).

Par son activité autonome, la sous-ombelle agit fonctionnellement comme la cavité palléale des Céphalopodes, en propulsant l'animal par réaction hydrostatique. Le velum, qui obstrue partiellement cette cavité sous-ombellaire, remplaçant une face concave par une face plane, doit entraver l'effet passif du relèvement par les courants ascendants; mais le velum agit comme le siphon des Céphalopodes, pour concentrer le courant d'eau expulsée, et, en outre, il contribue à la natation par sa musculature propre.

Quand on jette un coup d'œil sur les dessins de Hæckel pour les Méduses des mers profondes ([2]), on est frappé par le développement excessif du velum et de la musculature. Dans certains cas, le velum est beaucoup plus grand que l'ouverture de la sous-ombelle et sa partie centrale pend comme un tube. Les muscles sont parfois en gros paquets saillants et les muscles circulaires du velum constituent d'épais cordons. Or, les régions profondes des mers sont caractérisées par le calme des eaux; la sustension passive par les courants verticaux est donc exclue et l'appareil moteur musculaire doit être plus développé.

([1]) E. T. Browne, *Zoologisches Centralblatt*, 1898, p. 701.

([2]) E. Hæckel, « Deep-sea Medusæ » (*Challenger Reports*).

Chez les Acraspèdes, la natation est assurée par un autre dispositif : l'approfondissement de la cavité; car l'effet utile est fonction de la masse d'eau expulsée. Les Périphyllidés ont eu probablement leur taille accrue de cette façon, par développement de lobes à la périphérie de l'ombelle. Le cas le plus caractéristique est celui des Cuboméduses, dont *Charybdea* est le type le plus connu. Le nom seul indique déjà l'augmentation de capacité de la sous-ombelle; zoologiquement, le groupe appartient aux Acraspèdes, mais physiologiquement ce sont des Craspédotes parfaits, car les lobes périphériques se sont soudés en une membrane obturant la sous-ombelle, le velarium, fonctionnellement identique mais morphologiquement non homologue au velum des Craspédotes. Or, les Cuboméduses sont de loin les plus énergiques nageurs parmi les Méduses [1].

Si l'augmentation de taille par substance sécrétée est un caractère de flottaison, on ne le retrouvera pas chez les formes nageantes, où il ne serait que gênant. Les différences entre les diverses formes ne vont pas jusqu'à l'absence complète de mésoglée, comme on nomme la substance intermédiaire entre les deux couches épithéliales; les genres de vie ne sont pas nettement tranchés; les formes les mieux adaptées à la vie flottante passive, comme par exemple *Aurelia*, s'aident aussi de la natation. En général, l'importance de la mésoglée diminue dans les formes plus natatoires, telles que les Périphyllidés et les Cuboméduses.

En résumé, la Méduse est essentiellement un Polype, dont l'extrémité aborale non fixée s'est hypertrophiée en un appareil, à la fois de flottaison passive et de natation active. Les deux fonctions s'exercent simultanément; mais tantôt l'une, tantôt l'autre, prédomine; la fonction secondaire n'en a pas moins maintenu ses adaptations spéciales d'où résultent des anomalies dans la répartition zoologique des caractères. L'abondance de la mésoglée est un caractère de flottaison et cependant ces formes ont typiquement un velum, organe de la natation active; ce sont les Craspédotes. Le groupe typiquement à mésoglée faible, mais avec cavité sous-ombellaire profonde, les deux caractères de natation, est dépourvu de velum : Acraspèdes.

Dans chacun de ces groupes, il y a maintenant adaptation plus spéciale à l'un ou l'autre genre de vie. Les Craspédotes plus particulièrement flottants perdent le velum, étalent leur ombelle en un

---

(1) J.-S. Conant, *Annals and Magaz. nat. History*, janvier 1898, p. 37.

disque aplati, et garnissent le bord de ce disque d'une frange serrée de tentacules (exemple : *Obelia*). Les Craspédotes nageurs, au contraire, prennent la forme plus sphérique et développent leur velum et leur musculature (méduses des grands fonds).

Chez les Acraspèdes, les curieuses invaginations de la face sous-ombellaire ne sont autre chose qu'un approfondissement de cette cavité; l'augmentation de l'ombelle se produit aussi par des excroissances ou lobes (non par échancrure du bord) comme le prouve le stade larvaire *ephyra*. Les plus nageurs développent un velarium (Cuboméduses); les plus flottants étalent le disque, atrophient le velarium, se garnissent le bord de franges (*Aurelia*), c'est-à-dire font la même chose que les flottants des Craspédotes.

Il y a donc quatre directions d'évolution, parallèles deux à deux ; on comprend la complication apparente qui doit résulter de ces rapports croisés. Aussi, la classification des Méduses a-t-elle été longtemps un exemple de confusion. Il y aurait peut-être intérêt à essayer un arrangement logique par application des considérations esquissées ci-dessus.

Les Méduses démontrent encore un autre principe : l'augmentation de taille par hypertrophie d'un organe unique. Un cas analogue est l'appendice caudal des Tuniciers et même la queue des Poissons et des Reptiles, organe uniquement moteur et qui constitue une fraction relativement considérable de la masse du corps. L'exemple le plus frappant est la branchie des Tuniciers, qui forme à elle seule au moins les neuf dixièmes du corps, tandis que tout le reste des viscères est ramassé en une petite boule, le « nucleus ». Ce qui détermine cette hypertrophie, ce n'est pas tant la fonction de respiration que celle de nutrition, le mode tout spécial de préhension des aliments, par enrobage des parcelles alimentaires dans un cordon gélatineux sécrété par les parois de la branchie. L'énorme cavité palléale des Lamellibranches est probablement aussi en rapport avec la préhension des aliments. Quand la nourriture consiste en parcelles microscopiques, il y a toujours des dispositifs pour traiter mécaniquement une grande quantité d'eau, soit par augmentation de la capacité de l'organe respiratoire comme dans les deux cas cités, soit par des tentacules ciliés étendant la zone influencée par l'animal. L'identité du but à atteindre amène des analogies, auxquelles les anciens zoologistes ont pu se tromper. C'est ainsi que P.-J. van Beneden considérait la branchie des Tuni-

ciers comme une couronne tentaculaire de Bryozoaire anastomosée et rentrée dans le corps, conception qui a eu beaucoup de succès, et que Lacaze-Duthiers homologuait point par point Tuniciers et Lamellibranches.

Un dernier exemple de taille déterminée par l'hypertrophie d'un seul organe est fourni par la plupart des parasites quelque peu spécialisés, où souvent l'état final adulte n'est plus qu'un sac avec des œufs. Beaucoup de Crustacés parasites sont dans ce cas; en même temps, la différence de taille entre les deux sexes est au maximum, le mâle étant lui-même comme un parasite sur la femelle.

Nous avons vu chez les Mollusques, les difficultés résultant de la forme ramassée pour un accroissement de taille; nous avons rattaché cette forme ramassée à l'influence d'un organe unitaire, la sole musculaire ventrale, organe d'une reptation comportant en même temps une adhérence au support. Ce qui donne à la sole des Mollusques son caractère d'organe unitaire, c'est qu'elle est uniquement sur la face ventrale, pour ainsi dire entièrement distincte du corps, n'influençant pas les viscères et non influencée par eux. Quand les masses musculaires sont latérales ou tout autour du tronc, cette indépendance n'existe plus; il y a métamérisation et la reptation se fait par des ondulations latérales. Les diamètres transverse et vertical varient peu, mais le diamètre longitudinal, l'axe principal, s'accroît d'une façon démesurée; la taille s'accroît par addition constante de nouveaux segments. Il y a une quarantaine d'années, chacun de ces segments était plus ou moins une individualité distincte et l'ensemble était considéré comme une colonie linéaire. Un livre des plus intéressants, publié en 1881, est l'exposé le plus complet et le plus logique de cette théorie [1]. La formation de nouveaux segments était tout simplement un cas de bourgeonnement. Cette conception générale, quelque peu vague, a été précisée quand il a été démontré que le mode d'accroissement de tous les organismes linéaires peut être homologué avec le mode particulier de l'augmentation du nombre des loges chez les Polypes du groupe des Cérianthes. C'est Éd. van Beneden qui a attiré l'attention sur ces faits et en a vu immédiatement toute la portée. C'est même l'espoir de trouver des formes de transition qui lui a fait entreprendre l'étude des larves pélagiques

---

[1] Éd. Perrier, *Les colonies animales et la formation des organismes.*

d'Anthozoaires de la « Plankton-Expedition » de Hensen. Cet espoir ne s'étant pas réalisé, l'auteur s'est borné à des indications sommaires, sans discuter à fond son intéressante théorie. On comprend que le fait de pouvoir rattacher le mode d'accroissement des Vers, des Articulés et même des Vertébrés, au mode d'augmentation de taille des Cœlentérés, est de la plus haute importance.

L'addition répétée de nouveaux segments a naturellement pour conséquence l'allongement du corps et l'augmentation du nombre des métamères. Le nombre de ces métamères peut ainsi devenir considérable, mais il doit pourtant y avoir une limite. Nous n'avons pas le moindre soupçon de ce que peuvent être les causes limitant cet accroissement; y a-t-il une cause physiologique générale, ou sont-ce dans chaque cas particulier des considérations d'adaptation au genre de vie, nous n'en savons absolument rien. Ce que les faits établissent nettement, c'est, dans la suite de l'évolution, la réduction du nombre des segments, la fixité de ce nombre et l'accroissement de taille, non plus par le nombre des segments ou somites, mais par l'augmentation de leur taille individuelle. Un fait d'une importance phylogénique probablement considérable est le nombre très élevé des somites chez les Vertébrés primitifs, *Amphioxus*, Cyclostomes, Sélaciens; il comporte un progéniteur vermiforme à nombreux somites, et dans l'autre direction, c'est-à-dire dans la descendance, une diminution de ce nombre soit par concrescence, soit par atrophie. Des organes unitaires comme le sac péribranchial d'*Amphioxus* peuvent avoir joué un rôle causal : chez les Poissons inférieurs, la première concentration régionale est la partie antérieure. Plus tard et pour les parties postérieures, il y a eu une action analogue des membres latéraux, par l'intermédiaire de leur musculature; l'embryologie montre encore fort nettement comment de nombreux segments musculaires convergent vers les membres.

Le vulgaire associe inconsciemment l'idée de grande taille avec des habitudes carnassières: c'est un sujet constant d'étonnement que le régime herbivore de l'Iguanodon, et la fable de Jonas et de la baleine s'explique par la même association erronée d'idées. Très nettement chez les Mammifères, les géants sont des herbivores et les carnassiers qui en font leur proie sont notablement plus petits; ces rapports comportent nécessairement une façon spéciale de maîtriser la proie d'un seul coup et puis de la dépecer lentement, opérations où la

mobilité des membres, une armature de griffes puissantes, une spécialisation de la dentition entrent en ligne de compte.

Ce principe ne s'applique qu'aux animaux terrestres. Chez la plupart des Vertébrés aquatiques, les relations sont inverses, parce que la proie est avalée d'un coup; le proverbe a raison qui dit que les grands poissons mangent les petits. Les dents servent généralement moins à la division ou au dépeçage que comme moyen d'arrêter une proie agile et gluante. Comme exception, on peut citer *Orca gladiator*, qui attaque la Baleine beaucoup plus grande que lui et arrache à grands coups de dents des lambeaux des nageoires et, dit-on, de la langue; mais il faudrait s'assurer que l'abattis de baleine est le menu ordinaire des Orques. Tous les carnassiers aquatiques paraissent beaucoup plus grands que leurs victimes. Les Phoques mangent des poissons de taille moyenne; les Cachalots ont l'estomac rempli de becs de Céphalopodes et tout le monde sait que la Baleine, le géant de toute la création tant fossile que vivante, se nourrit de petits animaux, du plankton, arrêtés par filtrage dans ses fanons effilochés. Les grands Squales et surtout les énormes Arthrodiriens fossiles d'Amérique avaient presque tous une dentition démontrant leurs habitudes carnassières. Mais ici aussi il y a une exception; un des plus grands Sélaciens, le Squale pèlerin se nourrit à peu près comme la Baleine.

Le sujet est loin d'être épuisé; nous avons à peine mentionné les Oiseaux, signalé la différence de taille entre les sexes; nous avons passé sous silence bon nombre de groupes, comme par exemple les Rotifères, dont probablement la diminution de taille est une dégénérescence. Pour une étude plus complète, il faudrait déterminer dans chaque type les tailles extrêmes, comparer avec le genre de vie pour tâcher de trouver des rapports de cause à effet. Au lieu d'un travail méthodique, nous nous sommes bornés à quelques notes, pour ainsi dire au hasard; elles suffisent pourtant pour démontrer l'importance du sujet et le rôle considérable joué par la taille dans l'évolution des animaux.

La séance est levée à 7 heures.

Séance du 7 mai.

PRÉSIDENCE DE M. LAMEERE.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

Les comptes rendus des réunions de janvier à avril 1904 contenus dans les feuilles 1 à 5 des *Bulletins des séances* sont déclarés adoptés.

Bibliothèque.

DON DE M. WEYERS :

J. Deby : *Description of a new dipterous Insect*, PSAMATEIOMYA PECTINATA (Ex : JOURN. ROY. MICROSCOP. SOC.; Londres, 1899).

DÉPÔTS :

Bulletins des séances : 1904, feuilles 1-2, parues le 31 mars, et feuilles 3 à 5, publiées le 9 avril.

TIRÉ A PART :

Ad. Kemna : *Morphologie des Foraminifères arénacés.*

Communication.

M. *Lameere* fait part de la capture, par M. René Van Saughem, de Bruges, d'un oiseau de passage rare : *Ardea purpurascens*, Briss, dans les marécages de Woumen-lez-Dixmude.

La séance est levée à 5 heures.

Séance du 4 juin.

PRÉSIDENCE DE M. DAUTZENBERG.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

Correspondance.

La Société belge de Géologie organise pour le dimanche 12 juin une excursion au Ketel-Berg, aux tranchées de la station d'Etter-

beek, à celles du Jagersveld (Boitsfort) et à Stockel, sous la direction de M. Mourlon, et sous celle de M. Rutot, pour le Pleistocène.

Bibliothèque

Dons de l'auteur :

D. K. Greger : *The distribution and synonymy of* Ptychospira sexplicata (*White and Whisfield*). — *On the genus* Rhynchopora, *King, with notice of a new species* (Ex : Americ. Geologist., vol. XXXIII, 1904).

Communications.

M. *Weyers* annonce la capture, dans le parc de Bruxelles, d'un insecte assez rare dans notre pays : *Cerophytum elatoroides*, Latr. ♀.

M. *Kemna* entretient l'assemblée de ses études sur les poissons fossiles primitifs.

La séance est levée à 5 $^1/_2$ heures.

Séance du 2 juillet.

Présidence de M. Lameere.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

Bibliothèque.

Dons de l'auteur :

R. d'Andrimont : *Chamoisit Lager de Nuçic (Prague). — Notes sur les causes et l'intensité du jaillissement d'eau que donnent les nappes captives lorsqu'elles sont atteintes par un forage dit « artésien ». — L'alimentation des nappes aquifères. — Note complémentaire à l'étude hydrologique du littoral belge* (Ex : Soc. Géol. de Belgique, t. XXX et XXXI ; Liége, 1904).

Des remerciements sont votés au donateur.

Communications.

M. *Rousseau* annonce le prochain dépôt d'un travail sur les Protozoaires des eaux douces de Belgique, qu'il accompagnera d'un catalogue général des espèces connues.

M. *Lameere* entretient l'assemblée des inconvénients que produit l'application à outrance de la règle de priorité, ainsi que de certaines difficultés de nomenclature, notamment de l'emploi de la majuscule ou de la minuscule pour les noms spécifiques lorsque ceux-ci sont des noms d'auteurs, et dans le même cas, de l'emploi ou non des accents. Faut-il orthographier : *Candezei* ou *Candèzei,* ou bien *candezei* ou *candèzei?*

Excursion.

Rien n'étant encore fixé quant au séjour que comptait faire en juillet M. Lameere à Assenede, l'assemblée ajourne *sine die* la décision à prendre relativement à l'excursion de 1904.

M. *Kemna* annonce qu'il invitera la Société à visiter les installations des waterworks d'Anvers à Waelhem, lorsque le moment sera convenable, vers le printemps de 1905. Il recommande également une visite au jardin de la Société royale de Zoologie d'Anvers.

La séance est levée à 5 $^1/_2$ heures.

Séance du 1er octobre.

Présidence de M. Willem.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

Correspondance.

La Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg annonce le décès de son fondateur et directeur, M. Le Jolis. (*Condoléances*)

Le secrétaire général annonce les décès de deux éminents malacologues : Philippi, à Santiago, et von Martens, à Berlin.

Bibliothèque.

Don de l'auteur :

R. d'Andrimont : *Les filons de plechblende de Joachimsthal (Bohême). — Les filons cuprifères de Graslitz-Klingenthal (Bohême et Saxe)* (Ex : Ann. Soc. Géol. de Belg.; Liége, 1904).

Des remerciements sont votés au donateur.

Communications.

L'ORIGINE DE LA CORDE DORSALE

Par Ad. KEMNA.

I. — Importance morphologique de la corde.

1. La corde dorsale dans l'historique de la théorie cellulaire. — 2. Histologie de l'Amphioxus; caractère exceptionnel de la corde. — 3. Situation topographique, rapports et fonctions. — 4. Embryologie de la corde. — 5. Répartition zoologique. — 6. Résumé général et conclusions.

II. — Théories actuelles sur l'origine de la corde.

7. Opinion de Hæckel. — 8. Théorie de Gegenbaur. — 9. Principe des organes précurseurs. — 10. Les organes précurseurs dans la théorie de Gegenbaur. — 11. Les cas de cénogénèse dans la théorie de Gegenbaur.

III. — Fonction primitive de la corde.

12. Fonctions associées. — 13. Exemple du complexe pharyngien primitif; théorie des glandes fermées. — 14. Fonction primitive locomotrice de la corde.

IV. — Origine de la corde.

15. Exemples de division longitudinale du tube digestif. — 16. Choix du groupe animal précurseur. — 17. Choix de l'organe précurseur. — 18. Nature et raison des modifications. — 19. Les Tuniciers. — 20. Détermination des caractères du progéniteur.

V — Évolution phylogénique.

21. Diplocordes et progéniteur des Cordés. — 22. Transformation de l'organisme coloniaire en individus isolés. — 23. Mobilité et ses conséquences; redressement du tube digestif. — 24. Le progéniteur et les Tuniciers. — Le progéniteur et les Entéropneustes. — Les Entéropneustes et Amphioxus. — 27. Position réelle d'Amphioxus.

I. — Importance morphologique de la corde.

1. — *La corde dorsale dans l'historique de la théorie cellulaire.*

Dans les tissus végétaux, les cellules gardent leur individualité. Les organes massifs comme le bois, le parenchyme des feuilles, résultent de l'accumulation de cellules toutes semblables et bien distinctes. La double tendance de la cellule végétale à vacuoliser son protoplasme, ce qui augmente sa taille, et à s'entourer d'une membrane épaisse et inerte de cellulose, qui l'isole de ses voisines, rend l'observation facile; les cellules végétales ont été vues dès les premiers temps du microscope. Ces observations étaient de simples constatations, n'ayant qu'un intérêt de curiosité. En se multipliant et se précisant, elles sont devenues plus scientifiques et ont donné lieu, vers 1837, à une généralisation : Schleiden a proclamé que tous les éléments des végétaux proviennent de la multiplication de cellules et que les éléments autres, comme les vaisseaux, sont des cellules modifiées.

Cette généralisation dominait toute l'histologie végétale. Elle avait aussi une portée philosophique. Chaque cellule ayant sa vitalité propre, son individualité physiologique, une force vitale générale et unique n'était plus seulement une conception inutile, mais encore une absurdité. La théorie vitaliste fut abandonnée en physiologie végétale, où il n'y avait plus de place pour elle. C'est une des rares occasions où, pour les conceptions générales, la botanique a été en avance sur la zoologie.

La théorie de Schleiden s'appliquait uniquement au règne végétal. Les organes des animaux présentent d'ordinaire un assemblage confus de parties, dans lesquelles il n'est pas possible de reconnaître des éléments uniformes. A la simplicité de la composition cellulaire des végétaux, on opposait la complexité de structure et la multiplicité originelle des tissus chez les animaux.

Les choses simples ne sont pas nécessairement géniales; mais les choses géniales sont toujours simples. La théorie cellulaire moderne n'est que l'extension aux animaux des principes de Schleiden. L'idée maîtresse d'une grande découverte vient à l'improviste, comme un reflexe inconscient de l'intelligence à une incitation quelconque; une pomme qui tombe fait découvrir la gravitation, mais à condition que ce soit Newton qui la voit tomber. La théorie cellulaire moderne est

le résultat d'une conversation de table d'hôte entre Schleiden et un jeune assistant de Johan Mueller en 1838. Voici comment Schwann lui-même a raconté l'incident :

« Un jour que je dînais avec M. Schleiden, cet illustre botaniste me signala le rôle important que le noyau joue dans le développement des cellules végétales. Je me rappelai tout de suite avoir vu un organe pareil dans des cellules animales et je saisis à l'instant même l'extrême importance qu'aurait ma découverte, si je parvenais à montrer que, dans ces cellules, ce noyau joue le même rôle que le noyau des plantes dans le développement des cellules végétales... Ces idées se présentant à mon esprit, j'invitai M. Schleiden à m'accompagner à l'amphithéâtre d'anatomie, où je lui montrai les noyaux des cellules, etc. »

La citation n'est pas textuelle. Au lieu du terme vague de cellules animales, Schwann précise et indique les cellules de la corde dorsale. Pourquoi cet organe plutôt qu'un autre? Serait-ce l'effet d'un simple hasard? Il est probable que non, car on peut trouver des raisons. La corde présente une structure particulière, pour ainsi dire unique parmi les animaux. Ces particularités, certainement en rapport avec sa fonction spéciale, consistent en la réunion d'un certain nombre de cellules dans une gaine commune; toutes ces cellules sont fortement vacuolisées, ce qui réduit proportionnellement le protoplasme et rend facilement visible le noyau; les membranes délimitant la cellule sont bien développées et leur ensemble constitue un réseau de brides reliant entre elles les parois de la gaine commune.

Par la vacuolisation du protoplasme et le maintien des membranes, les cellules de la corde dorsale des Vertébrés inférieurs ressemblent aux cellules végétales; cet objet était donc bien de nature à fournir la première idée de la composition cellulaire comme théorie générale, s'appliquant au monde organique tout entier et non plus uniquement au règne végétal.

2. — *Histologie de l'Amphioxus; caractère exceptionnel de la corde.*

Cet état massif des organes et leur complication par emmêlement de plusieurs tissus ne sont pas des caractères originels des animaux. Les groupes les plus inférieurs ont l'arrangement épithélial, plus ou moins compliqué par des épaississements locaux ou des plissements

des feuillets. Chez tous, ce stade épithélial se retrouve au début de l'ontogénie, et même des formes assez élevées dans l'échelle des êtres en montrent à l'état adulte des traces fort nettes.

Parmi ces cas, et un des plus typiques, il est curieux de rencontrer l'Amphioxus, le premier représentant du groupe supérieur du règne animal. Les organes sont épithéliaux, non parenchymateux, une palissade de cellules sur une basale. L'accolement des basales de deux épithéliums adossés donne une lame anhiste, faiblement cellularisée par immigration. Toutes ces lames forment un système continu de membranes de soutien, entre autres le derme et les myocomes.

La règle s'applique à la plupart des organes de l'Amphioxus; la moelle épinière et les glandes génitales font quelque peu exception; mais, par exemple, le foie, massif à partir des Cyclostomes, est un diverticule creux de l'intestin. L'appareil le plus spécialisé en vue d'un mode de fonctionnement tout particulier, est le pharynx; ses gouttières hypobranchiale avec l'endostyle et épibranchiale ne sont que des régions ciliées d'un épithélium; le squelette si compliqué des fentes branchiales n'est qu'une condensation des lames anhistes interépithéliales.

L'appareil squelettique des Invertébrés est une formation générale, diffuse dans tout le corps, un tissu dans lequel sont noyés tous les organes; quand il y a des pièces squelettiques pour des organes spéciaux, ces pièces ne sont que des modifications locales de la formation squelettique générale. Il en est tout autrement de la corde; elle ne fait pas partie d'un système général diffus; elle est une formation très particulière. Les cellules sont vacuolisées d'une façon toute spéciale; une gaine la délimite extérieurement, la sépare nettement du tissu environnant et en fait un organe autonome; la fixation des membranes cellulaires à cette gaine rend toutes les parties solidaires; l'organe est une seule pièce (Gegenbaur).

Parmi les organes à arrangement simplement épithélial de l'Amphioxus, la corde fait exception par la modification vacuolaire de ses cellules et leur réunion par une gaine commune en un organe unique.

3. — *Situation topographique, rapports et fonctions.*

La corde est une tige axiale longitudinale traversant tout le corps; elle ne montre jamais de tendance à une division métamérique. Ces

deux faits ont une conséquence importante pour la morphologie générale des Vertébrés. « Par la corde, l'organisme des Vertébrés arrive à un degré plus élevé de l'unification que les Invertébrés présentant également la structure métamérique » (Gegenbaur). La corde est un organe unitaire. Cette notion est une des idées fécondes de Gegenbaur; elle est applicable, par exemple, aux sacs péribranchiaux de l'Amphioxus et des Tuniciers, aux membres pairs des Vertébrés, à la sole musculaire ventrale et à la coquille des Mollusques.

La formation de la corde dans le plan sagittal, où se trouvent nécessairement aussi le tube digestif et le tube nerveux, a pu contribuer à élever le diamètre vertical du corps, caractère distinctif du Vertébré (Willey), en rapport avec la faculté de natation rapide.

Les myocomes ou cloisons entre les masses musculaires métamérisées, qui confluent vers le dehors avec le derme, se fixent intérieurement à du tissu entourant la corde. On a conclu de ce dispositif à un fonctionnement comme axe squelettique au service de la locomotion.

La corde existe aussi chez les Tuniciers, mais uniquement dans la queue (urocordie), appareil certainement locomoteur dans ce groupe. Gegenbaur (*Zeitschrift für wiss. Zoologie*, VI, 1855) a montré comment une gaine élastique, remplie de liquide sous pression, possède à la fois la rigidité et l'élasticité nécessaires pour fonctionner comme l'axe d'une queue motrice.

La corde se trouve entre le tube digestif en dessous et la moelle épinière au-dessus. On n'a pas établi de rapports fonctionnels avec le tube digestif, ce qui a d'autant plus lieu d'étonner que la corde en provient ontogéniquement. Mais on admet généralement une fonction de support pour la moelle épinière, avec laquelle la corde est coextensive.

Par sa situation axiale dans toute la longueur du corps et l'absence de métamérisation, la corde est un organe unitaire et contribue à l'élévation du diamètre vertical; elle fournit un point d'appui aux myocomes entre les muscles locomoteurs et sert de support à la moelle épinière.

4. — *Embryologie de la corde.*

La corde se forme comme une évagination de la région médiane dorsale du tube digestif primitif ou archenteron, à peu près en même

temps que les vésicules cœlomiques. Le caractère d'une évagination, c'est-à-dire d'une formation tubulaire creuse, est toujours faiblement marqué, et même, généralement, la corde est, dès le début, une tige compacte; mais l'exemple du centre nerveux, tubulaire chez la plupart des formes, massif chez quelques-unes, aussi l'exemple du cristallin, démontrent que le caractère solide de pareilles formations est un procédé purement embryologique et secondaire; les faibles indications de disposition tubulaire, conservées dans quelques cas, ont une signification morphologique beaucoup plus importante et doivent déterminer l'interprétation.

L'origine endodermique est absolument nette chez l'Amphioxus et les Tuniciers, et rien ne permet de révoquer en doute l'interprétation directe des faits; il n'y a, dans ces groupes primitifs, aucun indice pouvant justifier de considérer la formation, aux dépens de l'endoderme, comme une altération du document embryologique par cénogénèse.

Il en est autrement chez les Amniotes. Les cavités cœlomiques et la corde ne se forment pas aux dépens de l'archentéron, mais aux dépens d'une invagination distincte de la couche ectodermique. Ces faits nous placent devant l'alternative désagréable, ou bien d'homologuer des organes provenant, dans les deux groupes zoologiques, de feuillets embryonnaires différents, ou bien de nier l'homologie frappante de la corde dans toute la série des Vertébrés. Mais on peut aisément tourner la difficulté en considérant l'invagination gastrulaire comme se faisant en deux fois chez les Amniotes; une première invagination donne uniquement le tube digestif; une seconde fournit le matériel pour le cœlome et la corde (O. Hertwig). Ectoderme, endoderme, mésoderme sont des mots applicables seulement à partir d'un certain stade embryonnaire, et la confusion résulte uniquement de ce qu'on a voulu les appliquer trop tôt. A ce compte, on pourrait soutenir que l'endoderme lui-même dérive de l'ectoderme, car c'est une partie de la paroi, entièrement externe de la blastula, qui s'invagine pour former la gastrula. En tout cas, des deux procédés de formation de la corde chez les Ichthyopsidés et les Amniotes, l'un doit être primitif et l'autre une modification secondaire du premier; le choix ne peut être douteux :

La corde est typiquement une évagination de la partie médiane dorsale du tube digestif.

5. — *Répartition zoologique.*

La corde existe chez tous les Vertébrés et dans la queue des Tuniciers. Chez ces derniers, elle partage le sort de la queue, disparaît quand cet organe s'atrophie; elle est permanente chez les Appendiculaires. Chez l'Amphioxus et les Cyclostomes, elle est bien développée et fonctionnelle. Chez les Sélaciens elle est déjà réduite ; le tissu environnant s'est chondrifié et la remplace fonctionnellement. Mais chez tous les Vertébrés, elle apparaît encore bien marquée comme un organe précoce, dans le cours du développement ontogénique ; c'est un exemple d'hérédité tenace, « zähe Vererbung », suivant une expression favorite de Hæckel.

La corde des Tuniciers a une histologie spéciale. La vacuolisation s'est faite, non à l'intérieur des cellules, mais à l'extérieur; les cellules ont été refoulées contre la gaine et tout l'intérieur de la corde est une seule vaste cavité occupée par un liquide et sans travées membraneuses. Le même résultat fonctionnel est atteint, mais par un autre procédé. L'origine endodermique et la situation topographique dans le plan sagittal sont comme chez les Vertébrés et forcent à homologuer les structures dans les deux groupes. Il en est résulté un remaniement important de la classification; les Vertébrés ne sont plus un groupe isolé, opposé à l'ensemble des Invertébrés; Vertébrés et Tuniciers ont été réunis sous la dénomination de Cordés.

Dans les deux groupes Tuniciers et Amphioxus, la corde est un organe déjà complètement développé, anatomiquement et histologiquement adapté à sa fonction spéciale, par conséquent, fruit d'une évolution déjà assez longue, et même apogée de cette évolution, car dans les groupes subséquents, la corde entre en régression. Il est naturel de se demander si dans l'un ou l'autre groupe inférieur à l'Amphioxus et aux Tuniciers, il ne se trouve pas des organes qui ont pu être l'ébauche ou le précurseur de la corde. De tels organes ont, en effet, été signalés chez *Balanoglossus*, *Rhabdopleura* et *Cephalodiscus*, sous forme de diverticules antérieurs du tube digestif, plus ou moins directement en rapport avec le centre nerveux; on a même appliqué la dénomination de corde à ces structures.

De comparaisons avec la larve « Actinotrocha » de *Phoronis*, il semble résulter que pour *Rhabdopleura* et *Cephalodiscus*, cette homologation n'est pas justifiée. Le diverticule n'a nullement la structure vacuolaire de la corde, mais est une glande sous-neurale, comme celle

qui a été considérée chez les Ascidies (Van Beneden et Julin) de nature hypophysaire. Seul, le diverticule de *Balanoglossus* présente la vacuolisation cordale, mais est sans rapport anatomique avec le centre nerveux. La vacuolisation se trouve dans d'autres organes : les deux orifices branchiaux de *Cephalodiscus* sont maintenus béants par un anneau de cellules ainsi modifiées; chez *Balanoglossus*, des régions étendues et fort diverses du tube digestif renferment de ces cellules. La larve Actinotrocha et *Cephalodiscus* ont, un peu plus bas, une paire de diverticules pharyngiens latéraux à cellules vacuolisées. Si on homologue ces structures, à cause de leur histologie, avec une corde, celle-ci est double et mérite le nom de « diplocorde ». La classification suivante a été proposée (Masterman) :

Archicordes . . .	Diplocordes. . . .	*Phoronis*, *Rhabdopleura*, *Cephalodiscus*.
	Hémicordes. . . .	*Balanoglossus*.
Eucordes.	Urocordes	Tuniciers.
	Céphalocordes . .	*Amphioxus*.
	Holocordes	Vertébrés.

Il importe de remarquer que la première interprétation comme corde, d'organes qui sont en réalité des glandes, était basée uniquement sur leur situation topographique, sans tenir compte de l'histologie. Par contre, l'interprétation comme une corde double de diverticules latéraux est basée sur le caractère histologique, sans tenir compte de la situation.

Pour *Balanoglossus*, Spengel a insisté sur les différences histologiques avec la corde des Vertébrés : le diverticule de la trompe de *Balanoglossus* montre encore une lumière et un arrangement épithélial autour de cette lumière, des cellules vacuolisées : exactement ce qu'on pouvait attendre d'un organe primitif précurseur de la corde; ce qui est le contraire de la conclusion de Spengel.

La situation tout à fait antérieure de ces diverticules semble un obstacle à l'homologation avec la corde; mais celle-ci, dans l'ontogénie des Vertébrés, s'individualise d'avant en arrière et même chez les Tuniciers, il ne manquerait pas d'indications que leur urocordie est secondaire (Gegenbaur).

La corde est fonctionnelle et atteint son maximum de développement chez les Tuniciers, l'Amphioxus et les Cyclostomes, et se réduit chez les autres Vertébrés. La modification vacuolaire des cellules se trouve dans les diverticules pha-

ryngiens latéraux de Actinotrocha et *Cephalodiscus*, autour des fentes branchiales de *Cephalodiscus* et dans le diverticule médian de la trompe de *Balanoglossus*.

6. — *Résumé général et conclusions.*

Les principaux points acquis peuvent être groupés comme suit :

Zoologiquement, la corde existe chez les Tuniciers et chez tous les Vertébrés, mais elle est plus développée chez les Vertébrés tout à fait inférieurs et est en régression dans les classes supérieures ;

Ontogéniquement, c'est une évagination endodermique, dorsale, précoce, s'individualisant d'avant en arrière ;

Histologiquement, les cellules sont caractérisées par leur vacuolisation, et tout l'ensemble par une gaine commune qui en fait un organe unifié ;

Topographiquement, cet organe unifié est aussi unificateur pour l'animal tout entier, à cause de son extension axiale longitudinale ; et par sa position dans le plan sagittal, il a contribué à l'élévation du diamètre vertical ;

Fonctionnellement, la corde est au service de la locomotion et sert de support à la moelle épinière.

Combinant ces faits entre eux, on peut en tirer quelques conclusions :

Le développement maximum chez les Vertébrés inférieurs et la précocité ontogénique démontrent le *caractère primitif* de l'organe. Toutefois, l'argument de la précocité ontogénique doit être appliqué avec beaucoup de discrétion ; des organes relativement récents, mais fort volumineux ou fort importants, ont une tendance à anticiper ; par exemple, le cerveau est hors de proportion chez l'embryon et plus que probablement il n'a jamais existé d'être adulte avec une hypertrophie du cerveau et du globe oculaire comme le jeune poulet à un certain stade.

Comme organe unitaire et comme ayant contribué à l'élévation du diamètre vertical, *la corde a influé sur l'architecture générale du type.*

Grâce à la rigidité et à l'élasticité résultant de sa conformation histologique, et comme organe non seulement anatomiquement mais aussi physiologiquement unitaire, la corde fonctionne pour *coordonner les mouvements* des masses musculaires métamérisées indivi-

duelles, dans un effet d'ensemble. La locomotion n'est pas assurée par des organes distincts, mais par l'action du corps lui-même et tout entier. Cette locomotion est une natation rapide, pour laquelle l'élévation du diamètre vertical est une adaptation favorable.

Les homologies qu'on a voulu établir entre la corde et les diverticules antérieurs de quelques Invertébrés sont loin d'être suffisamment établies; nous aurons plus loin à examiner attentivement les raisons. On est pourtant autorisé à *dériver la corde d'une portion dorsale de l'intestin;* à défaut d'un organe anatomiquement distinct que l'on pourrait considérer comme l'origine de la corde, il y a le fait important que, dans le groupe des Entéropneustes, la modification vacuolaire cordale semble être une faculté générale de l'épithélium du tube digestif.

La corde est un organe morphologiquement très important, qui a exercé une influence dominante pour la constitution du type vertébré; il faut en douer le progéniteur et la dériver de l'intestin.

II. — Théories actuelles sur l'origine de la corde.

7. — *Opinion de Hæckel.*

S'il est un ouvrage tout indiqué pour donner une opinion raisonnée sur l'origine de la corde, c'est bien la *Systematische Phylogenie* de Hæckel. L'auteur mentionne la situation topographique de l'organe, sa formation ontogénique aux dépens « d'une traînée (*Zellenstreifen*) médiane ou d'un pli dorsal de l'archentéron » (vol. III, p. 61). La corde est en corrélation avec la moelle (vol. II, p. 320). On voit que c'est la simple transcription des faits embryologiques, sans aucun commentaire. Il ne décide pas quel mode de formation est plus probable, un cordon plein ou une évagination tubulaire, quel est l'organe précurseur et sa fonction. Il semble toutefois pencher vers la fonction de support du système nerveux.

8. — *Théorie de Gegenbaur.*

Gegenbaur s'est livré à une discussion plus approfondie et est arrivé à une vue d'ensemble, qui mérite le nom de théorie.

Le point de départ lui est fourni par les diverticules médians de

Balanoglossus, *Rhabdopleura* et *Cephalodiscus* et les rapports avec le centre nerveux.

Ces diverticules sont antérieurs ; mais la corde s'isole aussi d'avant en arrière, et même chez les Tuniciers, où elle est restreinte à la queue, chez quelques espèces, elle dérive de matériaux situés tout juste sous la première ébauche du centre nerveux. L'auteur admet donc un développement phylogénique d'avant en arrière.

Ces diverticules sont des poches plus ou moins profondes, ne communiquant avec le tube digestif que par un orifice rétréci ; la corde, au contraire, se forme comme une évagination sur toute la longueur de l'intestin. L'auteur explique cette différence comme une abréviation cénogénique.

De par leur situation dans la région antérieure, ces diverticules se trouvent tout à fait au commencement du tube digestif, dans la zone où l'endoderme et l'ectoderme (invagination stomodéale) se touchent. Les diverticules paraissent en rapport, tantôt plus avec l'une couche, tantôt plus avec l'autre (la glande hypophysaire d'Actinotrocha et des autres formes est d'origine épidermique, d'après Masterman). Gegenbaur admet une origine ectodermique et trouve une confirmation dans le fait que partout « le premier matériel destiné à l'ébauche de la corde, dérive d'une localité embryonnaire indifférente ; la partie antérieure de la corde provient de la région où l'endoderme et l'ectoderme passent l'un dans l'autre ». Par conséquent, l'embryologie ne fournit pas un renseignement exact (*kein treues Bild*) : le document est faussé ; pour s'étendre en arrière, l'organe primitivement ectodermique emprunterait dans l'ontogénie, par abréviation, des matériaux à l'endoderme.

Pour la fonction primitive de cet organe précurseur, les déclarations ne sont pas toujours bien concordantes. Le diverticule de *Balanoglossus* n'a aucun rapport avec la partie différenciée en centre du système nerveux, le nerf collaire ; chez *Cephalodiscus*, le diverticule est bien sous le centre nerveux, mais non au contact et séparé par le cœlome ; chez *Rhabdopleura* seul il y a contact, mais par l'intermédiaire d'une masse interposée, en partie cellulaire, en partie gélatineuse. Les trois structures sont homologues, mais cette homologie morphologique ne comporte pas nécessairement l'identité du rôle physiologique. Le cas de *Rhabdopleura* ne peut pas être généralisé ; l'organe ne peut pas être considéré comme déjà exclusivement appareil de soutien pour le centre nerveux (p. 186). Mais plus loin

(p. 188), ces organes sont « principalement un support pour le système nerveux central ». La corde des Tuniciers est incontestablement essentiellement un organe pour la locomotion, mais ce changement de fonction résulte de rapports secondaires avec la musculature dans la région caudale seule.

Gegenbaur admet comme organe précurseur de la corde, les diverticules chez quelques Invertébrés, diverticules antérieurs, médians, parfois d'origine ectodermique stomodéale; l'extension postérieure de la corde, sa formation par l'endoderme, les rapports avec la musculature locomotrice seraient des modifications secondaires; les rapports avec le centre nerveux pour la fonction de support seraient plus primitifs.

9. — *Principe des organes précurseurs.*

La théorie de Gegenbaur a été exposée ci-dessus en résumé, aussi exactement que possible, sans observations ni commentaires. Cette théorie va à l'encontre des idées admises, même de celles qui semblent le mieux établies, comme par exemple l'origine endodermique de la corde. Il convient donc d'accorder une attention toute particulière aux raisons et aux principes qui ont pu guider un morphologiste aussi distingué dans l'élaboration d'une pareille théorie.

On dit souvent, déclare Gegenbaur, que rien n'est plus clair que de voir des cellules se dégager de leur connexion avec l'endoderme et se grouper en une tige servant de support au système nerveux. Il répond que rien n'est moins clair à se représenter. Si l'on suppose que l'organe débute modestement (et sans cela il n'y aurait pas d'évolution), on se heurte à l'inefficacité fonctionnelle d'un nombre restreint de cellules comme appareil de soutien. L'ontogenèse de la corde aux dépens de l'endoderme est phylogéniquement absolument incompréhensible, à moins que la corde ne dérive d'un organe préexistant, fonctionnellement et morphologiquement en rapport avec l'intestin. Cet organe a pu avoir une fonction quelconque, en vue de laquelle il s'est formé et développé ; ultérieurement et graduellement, il a abandonné sa fonction primitive pour devenir appareil de soutien.

Gegenbaur a appliqué ici un principe dont nous avons fait ressortir toute la valeur (voir sa Biographie dans ce recueil, année 1903) : celui de l'origine rarement entièrement nouvelle et spontanée des organes, mais leur développement aux dépens d'organes préexistants,

par modification de fonctions. Dans le cas particulier de la corde, cet organe précurseur devait en effet être fonctionnellement et morphologiquement en rapport avec l'intestin, et si, en même temps, il avait des rapports de voisinage avec le centre nerveux, cela n'en vaudrait que mieux. Il faut reconnaître que les diverticules antérieurs des organismes cités réalisent plus ou moins ce programme et que, par conséquent, leur choix comme point de départ peut se justifier.

Une fois cela admis, toutes les particularités de la théorie ne sont plus que des conséquences inéluctables des prémisses. La situation primitive antérieure doit nécessairement faire considérer l'extension en arrière comme un développement ultérieur. L'origine ectodermique de l'une au moins de ces formations primitives doit faire considérer l'évolution aux dépens de l'endoderme comme une falsification cénogénique. En dehors de leur fonction tout ă fait primitive et sur laquelle Gegenbaur ne s'explique pas, ces diverticules n'ont de rapport qu'avec le centre nerveux; la nouvelle fonction de la corde n'a donc pu être que la fonction de support de ce centre; dès lors, la fonction locomotrice est aussi secondaire. Gegenbaur, avec une logique inexorable, n'a reculé devant aucune de ces conséquences, et tous les faits avec lesquels il entrait en conflit, étaient aussitôt déclassés comme altérations cénogéniques ou modifications secondaires, sans signification phylogénique. Nous nous bornons pour le moment à constater ce fait.

La théorie de Gegenbaur est une application du principe des organes précurseurs et toutes les particularités de cette théorie sont des conséquences du choix des diverticules antérieurs comme point de départ.

10. — *Les organes précurseurs de la corde dans la théorie de Gegenbaur.*

Ces diverticules chez les trois formes citées, « avec toutes les différences de détail, laissent reconnaître chez toutes un organe homologue, l'homologie consistant dans le rapport avec la portion antérieure de l'intestin ». Cette homologie est donc basée sur les connexions anatomiques, ou plutôt sur une seule, et les caractères fonctionnels, histologiques et embryologiques n'ont pas été pris en considération.

Pour les rapports avec la corde des Vertébrés, Gegenbaur n'est malheureusement pas très clair. Il commence par une déclaration générale : indépendamment des fonctions que peut posséder le diver-

ticule et sous l'influence desquelles il s'est constitué, c'est un organe important (*bedeutungsvoll*, significatif), — mais qui ne mérite pas encore le nom de notocorde —, mais auquel nous devrons plus tard rattacher d'autres structures (la corde).

La corde des Tuniciers n'est nullement en relation immédiate avec cette organisation, mais dérive bien pourtant d'un état analogue.

Le paragraphe en petit texte, où l'auteur discute d'ordinaire comparativement les questions de morphologie, débute ainsi : « La conception de ce diverticule comme une formation encore étrangère à la corde n'est pas en contradiction avec l'opinion que la corde dérive d'un organe semblable. » Un peu plus loin, il dit qu'il faut un organe précurseur qui n'est pas encore la corde, mais qui le deviendra ; « ce diverticule est un tel organe », ou « un stade de début de la corde », encore indifférent et qui doit avoir été fort répandu dans des groupes éteints, dont les représentants actuels sont les restes.

On voit que chaque affirmation est immédiatement corrigée et atténuée, de sorte que le résumé général serait à peu près comme ceci : la corde ne dérive pas des diverticules que nous connaissons, mais d'un diverticule répandu chez des formes ancestrales. La distinction paraît subtile. Ce que probablement Gegenbaur a voulu dire, c'est que ce diverticule ancestral était indifférent par rapport à tout ce qui en est dérivé : les diverticules connus et la corde. Nous aurions donc le cas d'un organe primitif, qui s'est diversifié dans des lignes d'évolution différentes ; on ne peut pas alors établir de rapports directs entre les formes dérivées ; elles ne sont pas dans la ligne ancestrale l'une de l'autre, mais il y a pourtant un rapport, parce que toutes proviennent d'un ancêtre commun.

Le diverticule de *Balanoglossus* est situé dans la trompe, assez loin du centre nerveux spécialisé comme nerf collaire ; il n'y a donc aucun rapport entre les deux organes ; le diverticule est d'origine endodermique et a ses cellules vacuolisées. Chez *Actinotrocha*, *Cephalodiscus* et *Rhabdopleura*, il y a un rapport de voisinage plus ou moins intime avec le centre nerveux ; la structure est glandulaire, non vacuolisée, et l'origine est ectodermique. Tous ces diverticules sont des poches, communiquant avec le tube digestif par un orifice plus ou moins rétréci et sont dirigées en avant ; mais il n'y a plus d'unité entre elles pour tous les autres caractères : fonctions, rapports, histologie et embryologie. La notocorde des Vertébrés ressemble au diverticule de *Balanoglossus* par l'origine endodermique et la vacuolisation, mais

elle n'est pas en situation antérieure et n'est pas dirigée en avant, et n'est pas une poche; c'est une longue évagination de la portion caudale et truncale; chez les Tuniciers, de la région caudale seule.

L'évolution divergente peut amener entre les dérivés d'un même organe, des différences considérables; mais il y a pourtant des limites. Pour donner naissance à des choses aussi disparates, un organe ancestral a dû être extraordinairement indifférent, anatomiquement et fonctionnellement, c'est-à-dire qu'il n'aura pas été différencié en une portion isolée et distincte. Considérés en eux-mêmes, tous ces organes présentent des différences trop considérables; on n'aurait jamais songé à les homologuer entre eux, s'il n'avait pas fallu chercher un organe précurseur de la corde.

Gegenbaur s'est cru dans une position qui ne lui laissait pas le choix. Les seules formes animales pouvant entrer en ligne de compte sont en nombre assez limité; ce doivent être des Invertébrés, inférieurs et antérieurs phylogéniquement à l'*Amphioxus* et aux Tuniciers, non encore définitivement spécialisés en l'un ou l'autre des grands phylums, tels que les Echinodermes, les Mollusques, les Annelés. Ces formes animales doivent avoir aussi quelque affinité, au moins lointaine, avec les formes qu'on veut en dériver. *Cephalodiscus*, *Rhabdopleura* et surtout *Balanoglossus* répondent assez bien à ce programme. Mais c'est tout. Et chez ces animaux possibles comme précurseurs, il faut encore faire choix d'un organe présentant des conditions bien déterminées : en rapport notamment avec l'intestin sur la ligne médiane. Il n'y a que ces diverticules; leur situation antérieure est, à un certain point de vue, un inconvénient, mais à un autre point de vue, un avantage, car on peut y voir la première indication des rapports avec le centre nerveux, rapports que l'on considère généralement comme dominants par la suite chez les Vertébrés. Si donc on croit indispensable de partir d'un organe déjà distinct et suffisamment individualisé, il n'y avait franchement que celui-là. La question de l'origine de la corde est certainement un des problèmes les plus importants de la morphologie; y donner une solution en somme acceptable est un avantage énorme; dans ces conditions, c'est une tâche difficile et délicate que d'apprécier à leur juste valeur les difficultés. Gegenbaur a cru que les avantages de sa théorie compensaient, et au delà, les inconvénients, que les faits favorables étaient assez nombreux et assez importants pour autoriser de disqualifier comme modifications secondaires les faits contraires. L'examen

impartial des faits en eux-mêmes ne nous semble pas justifier cet optimisme.

Les différences sont trop grandes pour permettre d'homologuer ces structures diverticulaires entre elles; leur situation et leur direction antérieures ne permettent pas de les considérer comme des précurseurs de la corde.

11. — *Les cas de cénogénèse dans la théorie de Gegenbaur.*

Il est assez inutile d'insister sur la question de logique ou de méthode, que la cénogénèse ne peut pas devenir un moyen de se débarrasser des faits gênants. Le caractère de cénogénèse doit ressortir des faits considérés en eux-mêmes et indépendamment de leurs rapports avec des vues théoriques quelconques. Le mode de formation doit bien avoir l'aspect d'une anomalie, d'une modification secondaire, par rapport au mode de formation du type zoologique plus primitif. Tout animal pris comme progéniteur de groupe donne, dans sa propre ontogénie, le type désormais normal pour l'embryologie de ce groupe; il résulte de là que la cénogénèse doit affecter des groupes ultérieurs.

La théorie de Gegenbaur est surtout caractérisée par le nombre et l'importance des modifications cénogéniques qu'elle assume. La corde se forme, non comme une poche en relation avec l'intestin par une portion restreinte, mais comme un pli ou une crête sur toute la longueur. Elle serait d'origine ectodermique, mais se forme par l'endoderme; cela serait la modification cénogénique la plus formidable de toute l'embryologie.

Pour appuyer cette origine ectodermique, Gegenbaur fait valoir que les diverticules des formes primitives sont situés dans la zone limite où l'endoderme et l'ectoderme passent l'un à l'autre. On ne peut comprendre cet argument que d'une seule façon : à cause de la situation antérieure de ces diverticules, il ne peut s'agir que de la région stomodéale; c'est, en effet, de l'épiblaste de l'invagination buccale que dérive la glande sous-neurale (Masterman). Or, la corde ne se forme pas ainsi; elle ne contracte même aucune adhérence avec l'épiblaste; elle est déjà bien isolée et individualisée sur une certaine longueur, quand l'invagination stomodéale n'est pas même ébauchée.

Gegenbaur invoque aussi, que « le premier matériel de l'ébauche

de la corde dérive d'une localité embryonnaire indifférente », et il dit que cette localité est semblable (*ähnlich*) à celle donnant naissance aux diverticules. Mais quelle est chez les Vertébrés, la région ainsi indifférente au point de vue des feuillets, où l'ectoderme et l'endoderme passent l'un à l'autre, sont confondus entre eux et avec le mésoderme, où se forme, sous l'aspect de cellules embryonnaires, le « premier matériel pour l'ébauche » non seulement de la corde, mais de tous les autres organes, et cela avant l'invagination stomodéale? Il n'y a pas de doute possible : cette localité ne peut être que le blastopore. Mais le blastopore est à l'extrémité postérieure et forme probablement l'orifice anal. Cela reviendrait donc à admettre un organe d'origine stomodéale, mais construit avec des matériaux provenant de l'autre extrémité du corps. Les deux conceptions sont inconciliables et comme argument, il y en a au moins un de trop.

Même en se plaçant au point de vue de Gegenbaur, il n'aurait pas fallu invoquer le dernier argument. La prolifération des cellules dans la région du blastopore est en réalité la croissance de l'embryon, par l'addition de nouveaux matériaux derrière les anciens. Comme ces matériaux doivent servir à édifier tous les organes, ils ne peuvent avoir que des caractères généraux et neutres; ce sont des cellules embryonnaires. Ces matériaux vont maintenant se différencier graduellement, d'abord en feuillets distincts, puis chaque feuillet en organes. Comme la différenciation est graduelle, c'est-à-dire qu'elle prend un certain temps, il est clair que plus les matériaux seront anciens, c'est-à-dire poussés plus en avant, plus ils seront différenciés. Les organes auront donc l'air de s'isoler d'avant en arrière, tout simplement parce que la croissance se fait d'arrière en avant; c'est une conséquence quasi-mécanique du mode d'accroissement. Dans ces conditions, on ne peut y trouver une signification phylogénique pour un organe en particulier. « Cette progression de la différenciation d'avant en arrière est caractéristique du type métamérique. » (Hatschek).

La formation de la corde chez les Amniotes pourrait à la rigueur être considérée comme une origine ectodermique, mais Gegenbaur ne fait pas valoir l'argument. Les cas de cénogénèse qu'il admet, frapperaient surtout les formes les plus primitives, l'*Amphioxus*, et encore plus les Tuniciers urocordes; et ces modes de formation déclarés cénogéniques semblent, au contraire, parfaitement normaux.

La théorie de Gegenbaur a l'inconvénient de considérer

comme cénogéniques, un grand nombre de caractères importants, chez les formes les plus primitives et dont le développement paraît normal; ceux des faits embryologiques qu'il invoque comme arguments directs sont susceptibles d'une autre interprétation.

III. — Fonction primitive de la corde.

12. — *Fonctions associées.*

Le principe des organes précurseurs signifie qu'un organe, constitué et créé en vue d'une fonction, dans le cours de l'évolution phylogénique, finit par exercer une autre fonction, parfois fort différente de la première. Ce changement physiológique ne va naturellement pas sans des changements structuraux divers et ainsi se produisent les singularités les plus intéressantes de la morphologie comparée, par exemple, les arcs branchiaux devenant les osselets de l'oreille et les cartilages laryngés.

Il va de soi qu'on doit se représenter ces changements comme lents et gradués, non pas brusques et subits. La première fonction ne cesse pas tout à coup, à une heure précise, à laquelle la nouvelle apparaîtrait. L'organe se met à accomplir petit à petit la nouvelle fonction, tout en continuant à agir comme par le passé. La nouvelle fonction commence donc par se surajouter à la primitive et pendant quelque temps l'organe accomplit les deux. Il y alors, au moins temporairement, des fonctions associées.

Cette notion bien simple une fois acquise, aussitôt les questions surgissent nombreuses et importantes. Quelles sont les conditions de l'organe et des deux fonctions, pour permettre l'association, c'est-à-dire quelles sont les conditions de compatibilité entre ces trois éléments? Quelle était la fonction primitive? Qu'est-ce qui a pu déterminer l'addition d'une fonction accessoire et sa nature? Et pourquoi cette fonction accessoire a-t-elle réussi à supplanter la fonction primitive?

Il y a beaucoup d'exemples de fonctions associées : les organes rénaux agissant comme conduits génitaux; l'otocyste également statocyste; les branchies chez les Articulés portées par les membres locomoteurs; le pharynx des Tuniciers et de l'*Amphioxus* servant à la préhension des aliments et à la respiration, comme le fait aussi le lophophore chez les Bryozoaires et plusieurs autres.

L'organe est adapté à la fonction, aux deux fonctions quand il y a association, ou, en d'autres termes, il doit y avoir compatibilité entre la structure de l'organe et les deux fonctions qu'il excerce, et nécessairement aussi, compatibilité des deux fonctions entre elles. Celles-ci ne peuvent pas être absolument différentes à tous les points de vue, elles doivent avoir quelque chose de commun ; et c'est grâce à ce quelque chose, qu'elles peuvent être accomplies par le même organe.

Les matériaux de désassimilation azotée et les matières sexuelles sont tous deux des produits de l'épithélium cœlomique; il est donc assez naturel de leur voir prendre, comme canal d'évacuation, la communication du cœlome avec l'extérieur. L'inertie de la masse plus dense des otolithes est le fait essentiel dans le fonctionnement de l'organe oto-statique; que l'ébranlement ainsi produit sur le nerf, se traduise maintenant pour l'animal comme sensation auditive ou provoque un reflexe musculaire d'équilibration, c'est affaire purement subjective, conséquence non de l'organe lui-même, mais de ses relations nerveuses. Tous les organes en contact avec de l'eau constamment renouvelée, sont des lieux d'élection pour la fonction respiratoire.

On conçoit que la détermination de la fonction primitive soit parfois chose délicate. Pour les conduits uro-génitaux, ce serait la solution du problème du cœlome. Au point de vue purement mécanique, le lithocyste se comprend mieux comme organe d'équilibration. C'est plus que probablement sa seule fonction chez les Cténophores, puisqu'ils sont sourds (Verworn); la présence de ces organes chez les Méduses nageuses, leur absence chez les Polypes fixés, leur multiplicité et leur répartition symétrique autour du disque, tous ces faits s'accordent avec l'équilibration, tandis qu'on ne voit pas de rapport avec l'audition ; même la multiplicité des organes semble devoir produire la confusion des sensations. Les considérations de mécanique pure sont donc ici confirmées par les considérations de zoologie. Pour le lophophore, la fonction de préhension des aliments semble primitive; mais, pour les Tuniciers et l'*Amphioxus*, on admet généralement que c'est la fonction respiratoire; toutefois, on a donné des raisons zoologiques au moins valides pour considérer les fentes comme ayant servi d'abord uniquement à l'évacuation de l'eau filtrée, dépourvue de son plankton microscopique, et la fonction respiratoire se serait surajoutée (Harmer, Brooks). Pour les membres des Arti-

culés (Vers et Arthropodes), il n'y a réellement pas moyen de décider; chez les formes les plus primitives, par exemple les lames articulées des Phyllopodes, les expansions latérales de beaucoup d'Annélides, les organes sont autant locomoteurs que respiratoires.

Après avoir déterminé la fonction primitive, il s'agit de voir comment et pourquoi elle a été déplacée, comment la fonction associée secondaire a pu devenir la fonction principale ou unique. Il serait beaucoup trop long d'examiner à ce point de vue tous les organes cités; nous nous bornerons à un cas, choisi de façon à ce que les conclusions auxquelles nous arriverons puissent nous être utiles pour la suite de ces études. Nous passerons en revue les vicissitudes fonctionnelles du pharynx et des organes pour la préhension des aliments dans quelques groupes animaux.

Le principe des organes précurseurs a pour corollaire le principe des fonctions associées, par addition, à la fonction primitive, d'une fonction accessoire compatible avec la première par au moins un caractère commun.

13. — *Exemple du complexe pharyngien primitif; théorie des glandes fermées.*

Les animaux qui se nourrissent du plankton microscopique doivent naturellement avoir des organes de préhension en rapport avec la nature spéciale de la nourriture. Nous avons d'abord à définir ce qu'il faut entendre par microscopique. Quand un infusoire en mange un autre, de taille égale ou même parfois supérieure, peut-on dire qu'il est au régime de la nourriture microscopique? On voit par cette seule question que la notion est toute relative et doit être restreinte aux cas où il y a une grande différence de taille entre l'animal et sa proie.

Dans ces conditions, le mangeur voit-il ou sent-il par l'olfaction des organismes aussi minuscules; en d'autres mots, dans le régime microscopique, la proie est-elle perçue à distance? Dans la négative, il n'y aura pas des organes pour ces sens qui ne trouveraient pas à s'exercer, et alors une chasse active par poursuite de la proie serait comme un chasseur aveugle avec un chien sans flair. Aussi tous les animaux à régime microscopique sont-ils fixés ou sédentaires (avec la seule exception des Appendiculaires) et ils amènent leur proie par la production d'un courant d'eau en quantité suffisante pour compenser

la rareté de la nourriture qu'elle renferme. Ce courant est produit par un appareil ciliaire, dont le lophophore des Bryozoaires peut être considéré comme le type. Composé de longs tentacules largement étalés et munis d'une puissante ciliation, le lophophore commande une zone d'action étendue ; on voit de fort loin les particules, entraînées par le courant, se précipiter dans la bouche, y être retenues si elles sont agréées ou être rejetées par un mouvement rapide si elles ne conviennent pas. On attribue généralement aussi au lophophore une fonction respiratoire, non à la suite d'expériences physiologiques probantes, mais comme inférence de la disposition anatomique : des tentacules creux, ciliés, faisant saillie dans l'eau ambiante sans cesse renouvelée.

La masse d'eau traitée est considérable; elle subit en réalité une espèce de filtrage, car le lophophore la dépouille des organismes microscopiques et des parcelles nutritives en suspension. Il serait intéressant d'être mieux fixé sur le parcours de cette eau ; elle ne traverse certainement pas le tube digestif; elle doit probablement s'échapper de toute part entre les tentacules. Toutefois, chez la larve Actinotrocha de *Phoronis*, le courant, produit non par un lophophore, mais par des gouttières ciliées de la face ventrale, entre quelque peu dans la bouche et en sort par une échancrure latérale de chaque côté. Chez *Cephalodiscus*, il y a, non plus une échancrure, mais une ouverture spéciale à contour complet. Les tentacules ciliés poussent l'eau dans la bouche ; les deux fentes pharyngiennes la laissent sortir et, pour faciliter la sortie, ces orifices sont maintenus béants grâce à un anneau rigide formé de cellules présentant, d'une façon typique, la vacuolisation cordale. Nous voyons donc ici une confirmation de l'hypothèse que la pharyngotrémie jouait primitivement non un rôle respiratoire, mais un rôle simplement évacuateur (Harmer, Brooks) ; tentacules et fentes pharyngiennes sont au service de la fonction de préhension des aliments et sont, par conséquent, des organes collaborateurs, ce qui est la réciproque anatomique du fait physiologique de l'association des fonctions.

De même que, dans l'association des fonctions, une fonction peut détrôner l'autre, on peut concevoir, pour les organes collaborateurs, la possibilité que l'un accapare toute la besogne. Or, c'est bien ce qui doit s'être produit, car, chez plusieurs groupes à régime microscopique et anatomiquement pharyngotrèmes, le lophophore a disparu. Ces groupes sont : les Tuniciers, les Entéropneustes, l'*Amphioxus*,

Nous remarquons chez eux un développement considérable et une complication des orifices pharyngiens; leur abondante ciliation assure le courant; leur subdivision en fentes minces, en un réseau à mailles serrées, assure un filtrage parfait. Par rapport à la paire unique de fentes chez *Cephalodiscus*, la multiplicité des fentes peut être désignée comme polytrémie.

Le groupe inférieur des Tuniciers, les Appendiculaires, fait exception; il n'a qu'une paire de fentes pharyngiennes, sans autre complication qu'une forte ciliation; il n'y a aucun dispositif filtrant. Mais les travaux de Lohmann nous ont appris que cette fonction est très efficacement remplie par la capsule ou le *Haus*, l'enveloppe si caractéristique du groupe.

Chez les Entéropneustes actuels, le régime est spécial; l'animal avale du sable, est psammophage. Même en admettant que ses organes branchiaux se soient développés d'abord comme appareils capteurs sous un régime encore planktonique, ils auront pourtant subi quelques modifications adaptives au régime psammophage; chez l'*Amphioxus*, s'il y a arénicolie, il n'y a pas du moins psammophagie et c'est chez lui que nous trouverons réalisées, toutes les conditions du régime microscopique sans lophophore, l'organe essentiel étant les fentes pharyngiennes.

Ces fentes produisent le courant par leur ciliation et retiennent la nourriture; mais toutes les parties voisines intéressées ou collaboratrices, sont aussi plus ou moins affectées. Pour faciliter l'entrée du courant, l'ouverture buccale est agrandie et reste constamment béante; pour arrêter les objets trop volumineux qui pourraient dégrader la délicate résille branchiale, il y a comme grille le cercle tentaculaire et le vélum. Il y a aussi un système collecteur de la pêche : des gouttières ciliées sécrétant du mucus et courant sur les parois du pharynx renflé en une énorme cavité; ces rainures sont la gouttière hypobranchiale avec l'endostyle, et la gouttière épibranchiale.

Au point de vue de la nourriture, l'*Amphioxus* se rattache à ses prédécesseurs Invertébrés et diffère principiellement des autres Vertébrés. Ceux-ci ne se contentent plus du plankton microscopique; ils prennent des proies plus volumineuses que l'appareil ciliaire serait manifestement insuffisant pour leur amener. Ces proies, ils les recherchent, les poursuivent, les maîtrisent, grâce à leur faculté de locomotion, servie par des organes sensoriels développés. Ces gros mor-

ceaux qu'il s'agissait d'arrêter à l'entrée, doivent au contraire pénétrer maintenant dans la cavité pharyngienne : couronne tentaculaire et appareil vélaire disparaîtront et la branchie deviendra plus robuste. Au lieu de rester béante, l'ouverture buccale se refermera sur la proie qui se débat; de là, développement de tiges rigides pour donner de la consistance aux parois, articulées pour permettre en même temps la mobilité, avec une musculature orale et pharyngienne adéquate. Tout l'appareil des gouttières pharyngiennes collectrices ne peut plus servir à rien; la gouttière hypobranchiale va se transformer en thyroïde, la gouttière épibranchiale deviendra l'hypocorde.

Anatomiquement, la gouttière hypobranchiale est une gouttière ouverte, une simple rainure du plancher du pharynx. Le sort ultérieur d'un pareil organe, après son déclassement, semble tout indiqué : il va se transformer en une glande sécrétant un suc digestif quelconque, par exemple en glandes salivaires. Mais aucun Poisson n'a de glande digestive s'ouvrant dans la cavité buccale, car le suc serait emporté par le courant de l'eau respiratoire. Cette absence de glandes buccales est une conséquence du même principe d'éviter la dilution, qui a imposé un siphon aux Echinodermes et un drainage pharyngien aux Entéropneustes. Le principe de l'accaparement par des organes voisins ne s'applique pas non plus à la thyroïde, qui ne contracte aucune relation fonctionnelle avec un autre organe. En sa qualité de glande fermée, l'ancienne physiologie ne lui connaissait pas de fonction bien définie et sa persistance ne semblait avoir d'autre raison que l'hérédité phylogénique à très longue portée. Le cas semble donc particulièrement difficile à expliquer.

Mais le rôle de la thyroïde est aujourd'hui bien connu. La pratique chirurgicale a cru ne pas devoir ménager un organe, que l'anatomie et la physiologie s'accordaient à considérer comme peu important. L'ablation de la thyroïde a été la grande erreur du siècle passé. La glande sécrète quelque chose, mais au lieu de se déverser au dehors, ce produit transsude dans le sang et a une influence des plus considérables sur la nutrition intime des tissus.

Comment font les organismes sans glande thyroïde? Manquent-ils réellement de thyroïdine ou d'une substance analogue? Plus que probablement une telle substance est formée par les vaisseaux ou les cellules; la seule différence serait que, au lieu d'une formation diffuse non localisée, le corps thyroïde s'est spécialisé pour cette fabrication. Dès lors, la question revient à ceci : la gouttière hypobranchiale

offrait-elle un terrain favorable à cette localisation? Il faut bien qu'il en ait été ainsi, puisque la localisation s'est produite; mais il s'agit de déterminer quel caractère de la gouttière hypobranchiale a été le caractère favorable, permettant le changement de fonction.

Ce n'a pu être la fonction mécanique de la glande dans la conduite du cordon gélatineux enrobant les aliments; car cette fonction mécanique est en corrélation absolue avec une situation superficielle. Cette fonction devient impossible quand l'organe s'enfonce dans l'épaisseur des tissus et perd toute communication avec la cavité pharyngienne.

Mais l'endostyle a aussi une fonction sécrétoire; non seulement il guide le cordon gélatineux, mais encore il le produit, et en grande abondance. C'est le caractère commun aux deux états de l'organe, à son état primitif comme gouttière endostylaire, à son état subséquent comme corps thyroïde. Lors du changement, la fonction sécrétoire n'est pas abandonnée; elle persiste et même semble-t-il, avec un caractère identique, car les canalicules délimités par les cellules se remplissent d'une substance colloïde. Il est plus que probable pourtant qu'il y a une différence de composition chimique.

Pour la grande majorité des organes, la situation topographique n'est nullement indifférente; de par leur nature ou leurs fonctions, ils sont tenus à une localité anatomique déterminée, à des rapports constants; il n'est pas indifférent, par exemple, que les diverses glandes digestives communiquent ici ou là avec l'intestin, car les réactions chimiques accomplies par ces sécrétions doivent se succéder dans un ordre déterminé. Il n'en est pas de même pour une glande fermée, dont le produit de sécrétion passe dans le sang; l'état liquide du sang, la circulation, assurent une répartition rapide dans toute la masse, par diffusion ou brassage, d'une substance y déversée en un endroit quelconque. Tout ce qui se rapporte à la composition du sang n'est donc pas strictement lié à une localité précise; c'est ainsi que la formation des globules rouges se fait un peu partout dans la moelle des os, dans la rate, c'est-à-dire dans des organes fort différents. La variété des appareils rénaux, non seulement dans le règne animal tout entier ou dans une classe, mais dans le même individu successivement, est un autre exemple de l'indépendance de ces organes. La facilité avec laquelle l'homogénéité de composition chimique est maintenue, permet aussi de ne traiter qu'une partie du sang (respiration à circulation simple, rein). Tout ce qu'il faut pour constituer

un organe formateur du sang ou une glande fermée, c'est un organe qui puisse se vouer entièrement à cette fonction, par l'abandon d'une autre fonction principale associée, et cet organe déclassé doit être suffisamment vascularisé, de nature muqueuse et de faculté secrétoire. Toutes ces conditions sont réalisées par l'endoderme pharyngien : la vascularisation à cause de sa fonction respiratoire, la sécrétion surtout dans la gouttière hypobranchiale. D'autres parties sont également utilisées, notamment l'épithelium de l'angle supérieur des fentes (correspondant peut-être aux languettes), qui donne aussi une glande fermée, le thymus.

Le lophophore cilié, adaptation à la nourriture planktonique microscopique, est remplacé par la pharyngotrémie avec addition de gouttières sécrétoires collectrices; la gouttière hypobranchiale perd sa faculté collectrice par la gnathostomie et, par transformation de sa faculté sécrétoire, fonctionne comme corps thyroïde.

14. — *Fonction primitive locomotrice de la corde.*

La corde serait également un organe à fonctions associées, car on lui attribue un rôle comme support du centre nerveux, la moelle épinière, et un rôle comme appareil locomoteur par les attaches musculaires. Dès lors se pose aussi pour cet organe la question : laquelle de ces deux fonctions est primitive, et pourquoi et comment la fonction secondaire s'est-elle associée?

L'opinion générale semble en faveur de la fonction de support du centre nerveux comme fonction primitive. Il est de fait que, chez les Vertébrés, l'axe squelettique est coétendu avec la moelle, et le tissu environnant fournit à la moelle une gaine protectrice. Ces rapports sont fort nets et fort importants.

En réalité, ces rapports ne sont pas aussi constants qu'on veut bien le dire. Chez les Tuniciers, par exemple, ces rapports ne sont certainement pas le fait dominant. Pour la partie tout à fait antérieure de la corde de l'*Amphioxus*, un tel rapport n'existe pas, car la céphalocordie consiste précisément en une extension de la corde au-delà du système nerveux central.

Et puis, est-ce bien la corde qui joue ce grand rôle dans la série des Vertébrés? Déjà chez les Sélaciens elle entre manifestement en régression et elle est rapidement réduite à l'état tout à fait rudimen-

taire et non fonctionnel. Elle est remplacée anatomiquement et physiologiquement par un tissu qui a une autre situation, une tout autre structure histologique. Il est vrai que ce tissu est en relation étroite de voisinage avec la corde, mais cela n'est pas une raison pour confondre deux choses qui restent anatomiquement fort bien séparées et qui ont un sort phylogénique si différent.

Même si la corde gardait toute son importance au lieu d'entrer en régression, si elle continuait à être l'organe dominant chez les Vertébrés supérieurs, soutenant et protégeant leur moelle épinière, ces faits seraient irrelevants et on commettrait une faute de logique en les laissant entrer en ligne de compte. Il ne s'agit pas, en effet, de ce que devient cet organe chez les formes ultérieures et plus récentes, mais de ce qu'il a été dans le passé phylogénique, de ce qu'il est encore chez les formes les plus simples et les plus primitives. Or, pour cette question, comme pour beaucoup d'autres questions théoriques, on ne se donne pas toujours la peine d'approfondir le sujet et de faire une critique sévère des arguments pour ou contre; la solution n'a pas été mûrement délibérée; elle est plutôt une opinion, déterminée par une impression générale un peu vague. Dans l'espèce, c'est le fait le plus frappant, le rôle protecteur de l'axe squelettique, qui a influencé les esprits. Le seul auteur qui ait sérieusement discuté est Gegenbaur, et il conclut au caractère primitif de la fonction de support; le rôle presque exclusivement locomoteur de la corde chez les Tuniciers est une modification secondaire.

Gegenbaur a surtout le mérite d'avoir porté une attention particulière sur les tout premiers stades, sur ces animaux qui montreraient des organes précurseurs de la corde. Or, chez toutes les formes considérées, le système nerveux central est encore d'une extrême simplicité. C'est une condensation de la couche nerveuse sous-épidermique; l'organe ne s'est pas encore émancipé de ses rapports de continuité avec cette couche et avec l'épiderme; il demeure en dehors de la basale, qui lui sert de support comme à tout le reste de l'épiderme. Pour autant qu'on puisse se prononcer dans ces questions, un organe spécial de support ne paraît nullement nécessaire, et, en fait, les diverticules glandulaires de *Rhabdopleura* et de *Cephalodiscus* ne semblent pas remplir cette fonction.

Il en est autrement pour *Balanoglossus*. La vacuolisation des cellules de son diverticule antérieur en fait pratiquement une vraie corde, et une partie de son système nerveux s'est isolée comme nerf

collaire; malheureusement, les deux structures n'ont aucun rapport de voisinage.

Ainsi, là où il y a une vraie corde et un centre nerveux isolé, la corde ne sert pas de support au centre nerveux; et là où un diverticule se met plus ou moins en rapport avec un pareil centre, celui-ci n'a pas besoin de support et le diverticule est glandulaire. Naturellement, un savant comme Gegenbaur n'ignore aucun de ces faits, et néanmoins il conclut à la fonction de support. Mais il est curieux de voir comment pareille conclusion est énoncée. Elle ne suit pas immédiatement l'exposé des faits, reconnus, au contraire, peu concordants et ne permettant pas une généralisation; ce n'est que plus tard, au fur et à mesure des rappels et de citations à nouveau, que les exceptions semblent perdues de vue et que graduellement les déclarations deviennent plus affirmatives; de sorte qu'entre le premier énoncé et la déclaration finale, il y a contradiction évidente. On ne peut se défendre de l'impression que, dans toute cette discussion, Gegenbaur a été influencé à son insu par une idée préconçue.

On peut considérer comme caractère distinctif de la corde et comme modification adaptive à la fonction exercée, la vacuolisation des cellules. Par la répartition de cette modification précisément chez les formes citées et dans certains organes, le but serait la rigidité, sans nuire à l'élasticité. Le bord vacuolisé des fentes pharyngiennes de *Cephalodiscus*, la vacuolisation plus généralisée du pharynx et surtout la corde de la trompe de *Balanoglossus* sont sous ce rapport des exemples hautement instructifs. La première fonction serait donc de donner une rigidité élastique, soit pour maintenir béants des orifices ou canaux, soit pour permettre la pénétration d'un organe fouisseur. Il importe de remarquer que si le diverticule de *Balanoglossus* est déjà un organe assez bien distinct et isolé, il n'en est pas de même pour les deux autres exemples, où la vacuolisation affecte des parties non autrement distinctes d'un organe non subdivisé.

Un organe ou une partie d'organe, constitué en vue d'une certaine fonction, permet aussi d'autres possibilités, qui ne tardent pas à se réaliser; c'est ainsi que se forment les associations de fonctions. Pour des parties rigides, on peut admettre en première ligne parmi ces possibilités des attaches musculaires. A en juger par les figures de Spengel, c'est ce qui est réalisé pour le diverticule de *Balanoglossus*. C'est le caractère presque exclusif de la corde chez les Tuniciers et le caractère au moins dominant chez *Amphioxus*.

Appliquant toujours le même principe des possibilités et le combinant avec celui du voisinage, on comprend que la corde, située sous la moelle, puisse fonctionner accessoirement en même temps comme support de ce centre. La locomotion énergique par ondulations du corps, caractère distinctif des Vertébrés et qui a modelé toute leur organisation, a développé toutes les parties corrélativement : les muscles, la moelle pour les innerver, la corde pour leur donner attache. De là, pour l'un quelconque de ces organes, des rapports de coextension avec chacun des autres et il y a une certaine difficulté à démêler l'essentiel de l'accessoire. Le seul moyen, c'est de s'en tenir strictement aux premiers cas où la corde fonctionne comme organe distinct. Il n'est pas à nier que l'anatomie et les mœurs indiquent chez les Tuniciers et l'*Amphioxus*, la corde comme essentiellement au service de la fonction de locomotion, agissant par sa rigidité et son élasticité, comme cela a été si bien expliqué il y a un demi-siècle par Gegenbaur lui-même.

Chez les animaux cités comme montrant des organes précurseurs de la corde, le centre nerveux encore épidermique et sur la basale, n'a pas besoin de support; deux de ces organes sont des glandes; le diverticule vacuolisé cordal de *Balanoglossus* n'a aucun rapport avec le centre nerveux. La vacuolisation caractéristique a pour but la rigidité, favorable secondairement à la fixation des muscles. La corde s'est émancipée anatomiquement comme organe distinct, au service de la fonction de locomotion.

IV. — Origine de la corde.

15. — *Exemples de division longitudinale du tube digestif.*

Nous considérons l'hypothèse de la formation de la corde aux dépens d'une poche antérieure comme non fondée, en contradiction avec les faits bien clairs de l'embryogénie, auxquels nous laissons leur signification directe : la corde doit donc provenir phylogéniquement d'une division longitudinale de l'intestin sur une grande partie de sa longueur et spécialement dans sa région postérieure. Nous devons donc nous enquérir s'il n'y a pas dans l'un ou l'autre groupe animal des indications plus ou moins nettes de pareille subdivision longitudinale, auxquelles on pourrait rattacher la formation de la

corde. Sans être précisément nombreux, ces exemples ne manquent pas et nous allons rapidement les passer en revue.

Parmi les Oligochètes, les Lombricides ont une invagination de la région médiane dorsale de l'intestin, sur une certaine longueur derrière le gésier; la structure de cette partie invaginée on typhlosolis ne présente du reste rien de particulier, les cellules gardant la disposition épithéliale et les mêmes caractères que celles du restant de la paroi. L'organe a probablement pour but d'augmenter la surface absorbante. Il y a divers moyens pour atteindre ce but : allonger le tube ou le munir de cœcums latéraux. Le premier dispositif est fort rare chez les Annélides en général et l'on peut trouver à cette rareté une raison tirée du type d'organisation du groupe. Pour devenir plus long que le corps, le tube digestif doit se replier, former des anses; cela est peu compatible avec la subdivision de la cavité du corps par des cloisons métamériques nombreuses et rapprochées. Les formations cœcales dans chaque métamère sont beaucoup plus répandues, parfois très développées chez *Aphrodite;* mais on peut y trouver un inconvénient pour le mode spécial de nutrition des Lombricides. Ils sont psammophages et des cœcums arrêteraient la marche du sable, agglutiné en boudin par du mucus. Ainsi pour des raisons morphologiques, l'intestin reste droit; pour des raisons physiologiques, il n'y a pas de poches latérales; le typhlosolis apparaît comme un autre moyen d'augmenter la surface absorbante en respectant ces deux conditions. Ce qui concorde avec ces considérations, c'est que les Annélides à fortes poches latérales ont un régime carnivore et que les Géphyriens, qui avalent du sable mais n'ont pas de cloisons métamériques, ont un intestin contourné.

Nous avons déjà mentionné que chez quelques animaux il y a un canal collatéral, le siphon, dont l'utilité consisterait à permettre un courant d'eau à travers l'intestin, tout en évitant la région digestive où les sucs ne doivent pas être trop dilués (Perrier). Un tel siphon existe chez les Capitellidés parmi les Polychètes, les Oursins parmi les Echinodermes, les Echiurides parmi les Géphyriens. Ces siphons sont ventraux. Des expériences physiologiques directes faisant complètement défaut, leur fonction ne peut être que présumée, d'après les dispositions anatomiques. On admet généralement une fonction respiratoire, le courant dans le siphon pouvant oxygéner le liquide du cœlome.

Le mode de formation de ces canaux collatéraux n'a pas été suivi

ontogéniquement. Un Oursin assez archaïque, *Dorocidaris papillata*, n'a pas de siphon, mais une gouttière intestinale ciliée. Ce serait d'après Prouho, la première indication du siphon chez les Echinides, l'équivalent morphologique mais non physiologique du siphon, de sorte que tous les phénomènes dépendant de l'existence du siphon seraient supprimés. Cette conclusion ne semble pas absolument nécessaire. Les deux organes peuvent accomplir la même fonction, mais le siphon comme organe spécialisé la fera mieux.

Des gouttières ciliées sont assez répandues. Il y en a une ventrale chez les Sipunculides psammophages, chez les Echiurides où elle coexiste avec le siphon. Ashworth (*12th Report Lancashire Sea-Fisheries, 1904*) décrit chez *Arenicola* une gouttière ventrale ciliée, du milieu de l'estomac à l'anus; le mouvement des cils va d'avant en arrière; sur les parois latérales de l'estomac et de l'intestin, il y a de nombreuses gouttières ciliées, travaillant de bas en haut vers la gouttière ventrale; celle-ci sécrète une mince tige de mucosité. Ashworth pense que ces gouttières drainent les matières digérées, dont l'absorption serait facilitée par la circonstance que les vaisseaux sanguins suivent ces gouttières ciliées.

Pour être complet, il faut rappeler ici les gouttières hypo- et épibranchiales des Tuniciers et de l'*Amphioxus*, et mentionner l'hypocorde chez les Vertébrés. Cette dernière structure est des plus curieuses. Quand l'archentéron a fourni la corde, il se produit sur la ligne médiane dorsale une nouvelle évagination, qui sépare une tige axiale, logée sous la corde et sur le tube digestif. Embryologiquement, c'est donc une répétition du procédé de formation de la corde; mais l'hypocorde ne subit pas la vacuolisation caractéristique, ne s'entoure pas d'une gaine et n'est pas un organe permanent; son sort ultérieur n'a pas été nettement fixé et semble différent selon les groupes; tantôt elle disparaît sans laisser de traces et ses cellules sont employées pour faire du tissu interstitiel; on lui a attribué aussi une part dans la formation de l'aorte et du sang, et dans celle du ligament sous-vertébral; dans quelques cas, ce dernier fait semble bien établi. La répartition de l'hypocorde n'est pas moins étrange. L'organe est fort net chez les Ichthyopsidés, beaucoup plus vague chez les Amniotes; il manque certainement chez *Amphioxus;* chez les Tuniciers, il y a quelque chose qu'on pourrait lui assimiler : une traînée cellulaire sous la corde, reste de l'endoderme caudal. L'hypocorde a fait l'objet d'un travail récent (juillet 1904) de Ad. Reinhardt

dans le *Morphologisches Jahrbuch* de Gegenbaur (vol. 32, fasc. 2), avec un historique des travaux antérieurs, ce qui manquait jusqu'ici ; malheureusement, l'auteur a adopté l'ordre zoologique au lieu de l'ordre chronologique, ce qui fait qu'il est fort difficile de suivre la filiation des idées.

La subdivision longitudinale du tube digestif affecte, chez les Entéropneustes, une modalité particulière et une très grande diversité. Dans le genre *Ptychodera*, le tube digestif derrière la bouche est divisé en deux parties superposées : une partie dorsale avec les fentes branchiales, une partie ventrale où passe le sable. La séparation est faite par deux replis saillants latéraux, arrivant au contact l'un de l'autre sur la ligne médiane, sans se souder ; de façon qu'il reste entre les deux compartiments superposés une fente linéaire de communication. Il est dit que cette communication est purement anatomique et non physiologique, c'est-à-dire que la fente n'est pas utilisée pour laisser passer quelque chose d'un compartiment à l'autre ; ceci est difficile à admettre ; il est fort probable, au contraire, que la fente sert au draînage du sable.

En parcourant la littérature, on peut faire une liste de plusieurs structures longitudinales intestinales chez les Entéropneustes. On connaît depuis longtemps un sillon latéral de chaque côté, cilié, surmonté d'un bourrelet saillant ; d'autres fois, il y a un sillon ventral qui va jusqu'à l'anus. Chez quelques espèces, il y a derrière la région branchiale un tube collatéral, un véritable siphon en situation dorsale, mais assez court. La larve Tornaria a sur la ligne médiane ventrale de l'estomac une bande ciliée temporaire (Morgan, 1894), qui a été comparée physiologiquement, si pas morphologiquement, à un endostyle (Ritter, 1894). Dans la première partie de la région génitale, il y a parfois une séparation en une partie glandulaire à parois épaisses et dorsale, tandis que la moitié ventrale a conservé l'épithélium normal mince (Hill, 1897) ; les deux régions communiquent par une fente étroite ; Spengel avait fait des constatations analogues. Hill mentionne aussi une carène saillante de la face ventrale de l'intestin, se mettant par son bord élargi en contact avec le vaisseau ventral et s'étendant fort loin en arrière ; Willey (1899) trouve une structure semblable chez beaucoup d'espèces et la nomme pygocorde ; des observations analogues sont faites par Kuwano (1902). La région post-génitale a souvent une profonde gouttière ventrale (Benham, 1899).

Il y a lieu d'insister sur la diversité de ces structures et sur la répartition irrégulière chez les espèces. Notamment la division quasi complète en une région branchiale et une région pharyngienne n'est nullement générale; dans certains genres, une pareille séparation n'existe pas et les fentes occupent toute la hauteur du pharynx indivis, ou bien les fentes sont moins hautes et laissent imperforée une portion ventrale dont les dimensions transverses sont fort variables. Pour l'appareil branchial et tous ces détails du tube intestinal, le groupe des Entéropneustes est sportif.

Des spécialisations longitudinales du tube digestif se présentent comme invagination dorsale (typhlosolis des Lombricides), siphon collatéral, gouttières ciliées, hypocorde des Vertébrés, et sont surtout variées et importantes chez les Entéropneustes.

16. — *Choix du groupe animal précurseur.*

Il s'agit maintenant de voir laquelle de ces structures a suffisamment d'analogies avec la corde pour être retenue comme précurseur possible.

Nous pouvons écarter d'emblée toutes les structures des Tuniciers et de l'*Amphioxus*, les gouttières ciliées, aussi l'hypocorde des Vertébrés, parce que ces organes coexistent avec une corde dorsale déjà isolée.

Le typhlosolis des Lombricides est en situation dorsale, mais à cause des relations des organes dans le type Annelé et de la situation ventrale du centre nerveux, ce qui est dorsal est antineural. Dans ces conditions, un organe formé par la région médiane dorsale de l'intestin ne serait pas entre le tube digestif et le centre nerveux, mais l'intestin serait entre lui et la chaîne ganglionnaire. Du reste, le typhlosolis est une invagination du tube digestif, c'est-à-dire l'inverse de l'évagination formant la corde.

Il en est autrement pour le siphon des Echiurides, Capitellidés, etc.; il est entre le tube digestif et le centre nerveux; il a donc les rapports anatomiques de la corde, mais il est ventral. Seulement, il y a la théorie de l'origine annélide des Vertébrés, qui admet un retournement de l'organisme, la face dorsale primitive étant devenue la face dorsale, et dans ces conditions, les homologies de position entre la corde et le siphon sont rétablies. Aussi le siphon a-t-il été homologué

avec un des organes axiaux des Vertébrés, mais pas avec la corde, avec l'hypocorde (Eisig, 1879). En tout état de cause, le sort d'une homologation quelconque dans cette théorie est lié au sort de la théorie elle-même, dont la discussion est hors de saison. Pour qui n'accepte pas ce renversement du corps et considère la théorie annélide comme une hypothèse inadmissible, tous les types à chaîne ganglionnaire ventrale sont à écarter d'emblée.

Mais le rôle qu'on a voulu attribuer au siphon des Capitellides doit appeler l'attention sur le siphon qui existe chez quelques Entéropneustes. Ce siphon est dorsal, et la seule spécialisation du système nerveux, la seule partie qui s'est émancipée de l'épiderme pour former un organe plus ou moins isolé, est dorsale aussi; c'est le nerf collaire qui a tout ce qu'il faut pour pouvoir être considéré comme un organe précurseur de la moelle. Mais plusieurs autres dispositifs des Entéropneustes pourraient également entrer en ligne de compte, et même à un point de vue plus général, en l'absence de tout organe isolé pouvant être directement homologué avec la corde, celle-ci pourrait toujours être considérée comme un cas particulier, une autre manifestation de cette tendance générale à des formations longitudinales de l'intestin, qui ne se retrouve nulle part au même degré dans le règne animal et est une des caractéristiques des Entéropneustes. Eux seuls aussi présentent plus généralisée la tendance à la vacuolisation des cellules endodermiques (diverticule de la trompe, pharynx, pygocorde).

Mais avant de conclure définitivement, il faut étendre la comparaison à tous les autres organes. Si nous retenons les Entéropneustes comme organismes précurseurs pour la corde, ils doivent pouvoir jouer le même rôle pour les autres organes ou du moins les autres organes ne doivent pas présenter des incompatibilités insurmontables avec les mêmes organes des Cordés. Toutefois, les similitudes ne doivent pas aller jusqu'à l'identité; il faut admettre d'avance des différences, sans cela il n'y aurait pas lieu de séparer les deux groupes. Ces différences doivent être, en général, une simplicité plus grande, un état plus primitif des Entéropneustes, d'où la structure plus parfaite des Cordés a pu évoluer. Et là encore il ne faut pas se montrer trop exigeant, car des adaptations spéciales ont pu amener des perfectionnements dans le groupe archaïque pour l'un ou l'autre organe. Faisons donc, d'après ce programme, un examen comparatif rapide.

Ce qui frappe chez les Entéropneustes, c'est la simplicité histologique, l'absence de complication des tissus, quoique le caractère épithélial ne soit plus aussi net que chez l'*Amphioxus ;* celui-ci serait donc, à ce point de vue, un peu plus primitif; mais il est supérieur par le développement de sa musculature métamérisée, adaptation à la natation rapide. Or, précisément pour les subdivisions de la cavité du corps, pour les poches cœlomiques, Macbride (1897) a montré des similitudes imprévues entre les deux types et a dérivé la métamérisation de l'*Amphioxus* d'un état identique à celui des Entéropneustes.

La différence la plus importante gît dans le système nerveux. Mais précisément la nature de la couche nerveuse comme sous-épidermique et extra-basale, sa continuité sur tout le corps, le peu de spécialisation des cordons, sont autant de caractères d'indifférence primitive, juste ce qu'il faut pour un précurseur. La seule spécialisation est le nerf collaire, en situation dorsale; on peut trouver une raison plausible à la spécialisation en cet endroit, et cette raison explique en même temps l'énorme développement du centre nerveux, de la moelle épinière de l'*Amphioxus :* le développement et le perfectionnement du système nerveux dans la région du maximum d'activité musculaire. Cette région est pour les larves de Tuniciers, la queue temporaire, et elle a un cordon nerveux à ganglions avec métamérisation débutante; chez les Vertébrés, c'est tout le corps qui ondule pour nager; chez les Entéropneustes, c'est le collier qui est l'organe actif de la pénétration, plus que la trompe.

Les Entéropneustes présentent un organe hautement spécialisé et anatomiquement fort compliqué dans leur appareil branchial ; il y a là des structures tout à fait particulières, comme les languettes, les synapticules. Or, tout cela se retrouve en détail chez *Amphioxus*, et nulle part ailleurs dans le règne animal. Morgan (1893) estime que la similitude du squelette chitineux des fentes branchiales ne peut pas être une ressemblance fortuite, mais est une indication de parenté réelle.

Le diverticule de la trompe a naturellement une portée considérable dans la question. Quelle que soit sa vraie signification morphologique, simple excroissance secondaire du tube digestif ou la région antérieure de ce tube, distraite de la préhension des aliments et adaptée à une autre fonction (Willey, Dawydoff), nous avons ici un diverticule endodermique, à cellules vacuolisées, encore en arrangement épithélial, mais ayant pratiquement oblitéré la cavité primitive

jusqu'à la réduire à une simple fente. Spengel se base sur cet arrangement épithélial et sur la conservation de la lumière du tube, pour rejeter toute homologie avec la corde. C'est se montrer trop exigeant. Loin d'être un inconvénient, ces différences avec la corde sont un avantage pour les comparaisons morphologiques, car elles permettent de saisir le mode d'évolution.

Ce qui a nui à une saine appréciation de ces relations, ce sont les Tuniciers; grâce à eux, l'abîme qui isolait les Vertébrés a pu être franchi et c'est naturellement par eux aussi qu'on a voulu pénétrer plus avant dans l'ascendance des Vertébrés. Ils ont quelque peu masqué les rapports étroits avec les Entéropneustes. Sans aller jusqu'à fulminer contre les opposants l'excommunication majeure et dire avec Willey (1897) qu'il y a perversité à ne pas accepter ces relations, il faut cependant reconnaître que peu de rapports en Zoologie sont appuyés d'un tel ensemble de preuves.

Les Entéropneustes doivent être retenus comme groupe précurseur, parce qu'ils présentent des spécialisations longitudinales variées du tube digestif et une tendance à la vacuolisation des cellules endodermiques; ils ont en commun avec *Amphioxus* la simplicité histologique, la situation dorsale du centre nerveux, la complication de l'appareil branchial; leur diverticule proboscidien est une vraie corde antérieure.

17. — *Choix de l'organe précurseur.*

La multiplicité des spécialisations longitudinales du tube digestif chez les Entéropneustes rend nécessaire un examen comparatif de ces diverses structures pour déterminer laquelle convient le mieux comme organe précurseur de la corde.

La première de ces structures qui appelle l'attention est le diverticule dans la trompe; il est parmi les organes précurseurs cités par Gegenbaur, qui, chose étrange, ne fait pas argument du caractère histologique pourtant si important de la vacuolisation des cellules. La signification de cet organe a donné lieu à des interprétations intéressantes. Dawydoff (1902) ayant trouvé quelquefois le cœcum ventral de ce diverticule attaché à l'épiderme, en conclut que primitivement la bouche occupait cet emplacement et que la corde proboscidienne était la partie post-orale. Willey émet des vues analogues et considère les poches latérales de la corde comme les rudiments d'une paire de

fentes branchiales post-orales, mais prétruncales. L'observation de Dawydoff a été faite, non sur des individus normaux, mais sur des exemplaires où la trompe avait été coupée pour étudier la régénération de l'organe. Or, il est bien connu que dans ces conditions, comme aussi pour le bourgeonnement agame, les processus ontogéniques sont profondément modifiés ; la loi des feuillets embryonnaires par exemple, ne régit plus la formation des organes. Dans ces expériences, Dawydoff a rencontré un cas de trompe double, auquel personne assurément ne s'avisera d'attribuer une signification morphologique. Il faudrait voir aussi comment l'hypothèse d'une partie digestive dans la région correspondant au lobe préoral peut s'accorder avec la disposition des cavités cœlomiques. Nous ne voulons retenir de cette hypothèse qu'une de ses conséquences : elle comporte la transformation en corde, non d'un organe déjà différencié et anatomiquement isolé, mais du tube digestif lui-même.

La formation de cette corde proboscidienne peut être considérée comme un processus identique ou, si l'on veut, homologue à celui de la corde des Vertébrés; mais les deux structures ne sont pourtant pas homologues, car le procédé, tout en étant le même, a été appliqué à des régions différentes du même organe. C'est la différence de situation topographique qui ne permet pas d'homologuer la corde proboscidienne tout à fait antérieure avec la notocorde truncale et caudale des Vertébrés.

Le siphon collatéral dorsal du tube digestif conviendrait mieux par sa situation plus en arrière. Sa rareté chez les Entéropneustes et son faible développement ne sont pas des objections insurmontables, car il n'y aurait rien d'excessif à admettre une forme avec un siphon plus développé; la grande variabilité des Entéropneustes autoriserait une semblable hypothèse. Mais ici, ce sont surtout des considérations histologiques qui sont déterminantes : les siphons ne présentent, ni chez les Entéropneustes, ni dans les autres groupes (Echiurides, Capitellidés, etc.), la modification vacuolaire; leur rôle semble consister dans la simple conduite de l'eau, combinée peut-être avec un certain rôle respiratoire. Pour le premier, la rigidité n'est pas nécessaire et, pour le second, une paroi épaisse paraît plutôt un désavantage.

L'embryologie démontre que la corde a dû être une portion relativement importante du tube digestif, quant aux dimensions; cette portion a été longue, et assez haute et large. Dès le début de son existence comme organe quasi isolé, la corde a eu par là une utilité

fonctionnelle suffisante, le desideratum justifié de Gegenbaur. La région branchiale de *Ptychodera* réalise ces conditions, mais cet organe a également l'inconvénient d'être antérieur. Il est vrai que, généralement, la région branchiale est prolongée en arrière par des pores intestino-cutanés, parfois au nombre de soixante impairs et de six paires (Menon, 1903), et que Willey a émis l'hypothèse fort plausible d'une extension primitive en arrière beaucoup plus considérable ; il en veut entre toutes les gonades; mais il paraît difficile d'accepter un ver avec des fentes branchiales jusque près de l'extrémité postérieure.

Une objection plus grave à première vue est l'importance de la fonction respiratoire, que devrait abandonner la région perforée pour se transformer en notocorde. Quand Gegenbaur, le premier, a établi des homologies entre les Entéropneustes et les Tuniciers, il a comparé la moitié inférieure pharyngienne à l'endostyle, la moitié supérieure à tout le reste de l'appareil branchial des Tuniciers; malgré l'importance des modifications anatomiques, il n'y aurait donc pas eu de changement de fonction. Toutefois, l'objection n'est pas péremptoire, car la fonction de respiration, plus que toute autre peut-être, peut changer d'organes et aller s'exercer ailleurs. Mais précisément chez les Entéropneustes un pareil transfert est inadmissible, à cause de la haute spécialisation de l'organe et de son homologie parfaite avec *Amphioxus*.

Du reste, la séparation de la moitié dorsale en une région branchiale distincte, qui serait ici le plus fort argument, n'est pas générale; on peut admettre qu'elle est une spécialisation, un perfectionnement, un caractère du type supérieur du groupe, quoique Willey (1897 et 1899) insiste pour faire de *Ptychodera* le type primitif. Avec une espèce à pharynx non divisé, il n'y a plus aucune raison de considérer la région branchiale comme précurseur de la corde.

Willey, fort partisan des relations de parenté des Entéropneustes avec *Amphioxus*, a donné beaucoup d'attention aux homologies entre les divers organes. Il nomme le diverticule de la trompe « stomocorde » et révoque en doute qu'il corresponde à une partie déterminée de la vraie notocorde; celle-ci est un organe bien unique, tandis que la stomocorde est composée de parties diverses, partie axiale, poches latérales. L'interprétation de Willey de la stomocorde comme primitivement une portion du tube digestif a déjà été mentionnée. Comme organe précurseur ou premier stade de la notocorde,

Willey désigne la pygocorde, c'est-à-dire la carène saillante de l'intestin postérieur; la lame plus amincie reliant la pygocorde à l'intestin serait l'homologue de l'hypocorde. Comme situation postérieure et vacuolisation cellulaire, cet organe remplit fort bien les conditions nécessaires; mais sa situation ventrale est un obstacle; Willey ne le croit pas insurmontable. L'ancien principe des connexions des organes a souvent été appliqué avec une rigueur excessive, dont on est bien revenu; mais il y a pourtant une limite aux déplacements admissibles. Il n'y a rien de plus net dans l'embryologie que la formation de la notocorde aux dépens de la région médiane *dorsale* du tube digestif et les spéculations phylogéniques doivent se conformer à ce fait. L'homologation de Willey va à l'encontre de ce fait.

Nous venons de rejeter successivement tous les organes individualisés, mais il reste le tube digestif lui-même comme organe général. Il montre partout la double tendance à des formations longitudinales et à la vacuolisation des cellules. Quelques-unes de ces formations longitudinales sont une véritable division du tube en deux régions superposées, comme on l'a vu pour la région branchiale, et même plus en arrière, dans la région génitale, d'après Spengel et Hill. Cette observation est des plus importante, car il n'y a pas seulement séparation anatomique (incomplète, il est vrai), mais aussi différenciation histologique, car l'une des régions a ses parois épaissies, et c'est précisément la région dorsale. On peut considérer un état pareil soit comme une réduction d'une division plus étendue en arrière chez des formes ancestrales, soit, au contraire, comme une spécialisation débutante; mais, dans les deux hypothèses, on a de quoi en déduire la notocorde des Vertébrés.

Aucune des formations longitudinales, anatomiquement spécialisées comme organes distincts, ne réunit les conditions nécessaires d'indifférence de fonction et de simplicité de structure, d'extension postérieure, de situation dorsale et de vacuolisation cellulaire; une ébauche de séparation, avec épaississement des parois de la partie dorsale, combinée avec les données de l'embryologie, permet de considérer la corde comme la moitié dorsale du tube digestif lui-même, dans les régions moyenne et postérieure.

18. — *Nature et raison des modifications.*

Les mœurs de *Balanoglossus* peuvent se résumer en quelques mots : il est arénicole, fouisseur, sédentaire, psammophage. Aux adaptations reconnues (trompe avec diverticule cordal, collier), on peut ajouter la complication des branchies. L'*Amphioxus* est arénicole, fouisseur d'une autre manière ; occasionnellement, il se livre à une locomotion rapide et comme spasmodique ; il n'est pas psammophage, mais se nourrit du plankton microscopique. La faculté de locomotion rapide est en rapport direct avec le développement de la musculature, de la corde et de la moelle, probablement aussi avec l'atrophie de la trompe. Le régime de nutrition planktonique est en rapport avec le cercle tentaculaire, le velum, le système de gouttières muqueuses collectrices. Les nombreuses ressemblances anatomiques s'expliquent par une parenté assez étroite ; les différences sont des modifications adaptives à des mœurs différentes.

Par rapport aux Diplocordes de Masterman, les Entéropneustes sont caractérisés par une vacuolisation plus générale de l'endoderme. Au lieu d'être confinée au pourtour des orifices pharyngiens ou à des diverticules latéraux, la modification affecte des parties plus étendues, en fait le tube digestif tout entier, si l'on considère les Entéropneustes en général ; car il n'y a pas de région exempte, celles qui le sont dans un genre étant affectées dans un autre. Dans le groupe primitif des Diplocordes, il s'agissait de maintenir béants des orifices pour l'évacuation de l'eau ; l'action mécanique des cils du lophophore est en somme assez peu énergique et il s'agissait de faciliter le passage du courant ; le reste du tube digestif n'a pas besoin d'être soutenu ; il ne reçoit que le plankton séparé de l'eau ; l'animal est contourné sur lui-même, compact, en outre protégé par un tube sécrété. La psammophagie change toutes ces conditions. Pour faire passer la masse volumineuse de sable, le tube augmente son diamètre et reste automatiquement béant dans tantôt l'une, tantôt l'autre de ses parties. Le ver allongé est alourdi par le sable ; ses tissus sont épithéliaux, ses basales peu épaisses ; les auteurs signalent la facilité avec laquelle il se déchire et perd sa partie postérieure. L'épaississement des parois par vacuolisation cellulaire semble aussi avoir pour avantage de donner un peu plus de résistance.

Les parties plus rigides permettent à leur tour un développement du système musculaire, et par conséquent des mouvements. Dans

l'épaisseur du sable, l'organe moteur doit être en avant; le reste du corps est trop long et trop flasque pour pouvoir agir beaucoup; il est simplement entraîné à la suite de la trompe et du collier. Le renforcement musculaire de la région postérieure aura été surtout utile pour la locomotion hors du sable, dans l'eau; l'animal peut ainsi devenir moins sédentaire. Avec le développement d'un organe central plus rigide et d'une musculature plus abondante et mieux coordonnée est allé parallèlement et par corrélation, le développement du centre nerveux. Chaque progrès dans la voie de la spécialisation anatomique se traduira par une exaltation de la fonction locomotrice, et l'exaltation fonctionnelle réagira à son tour pour intensifier encore la spécialisation anatomique.

Cette spécialisation consistera, pour le tube digestif, en la transformation de sa moitié dorsale en une tige élastique et rigide, par vacuolisation des cellules, tandis que sa moitié ventrale continue à fonctionner comme canal alimentaire. Cette partie alimentaire doit conserver à peu près les dimensions primitives du tube entier, à cause du sable qui doit facilement passer. La constitution d'une corde plus ou moins distincte au-dessus du tube digestif se traduira donc par une élévation du diamètre vertical.

Le cordon nerveux dorsal, comme tout le système nerveux, se forme, paraît-il, par simple différenciation sur place de la couche profonde de l'épiderme; sa partie qui constitue le nerf collaire a une formation différente, suivant qu'il y a développement direct de la larve (*Balanoglossus Kowalewskyi*) ou le stade larvaire Tornaria. Dans le développement direct, le nerf collaire se sépare par délamination (Bateson); chez la larve Tornaria, il y a invagination comme pour la moelle des Vertébrés (Morgan). Ritter a décrit chez sa Tornaria de la côte de Californie une traînée de cellules épidermiques superficielles, différant des cellules ectodermiques adjacentes par leur forme et par la facilité à retenir les réactifs colorants; dans un exemplaire, cette traînée de cellules spéciales occupait toute la ligne médiane du dos, jusqu'à l'extrémité postérieure; il s'agit donc certainement, non pas uniquement du nerf collaire, mais du cordon dorsal dans toute sa longueur. Ritter dit qu'il n'y a pas délamination d'une portion interne de l'ectoderme comme l'a décrit Bateson; sur une certaine étendue, la couche s'abaisse sur toute son épaisseur, se sépare de l'ectoderme adjacent pour constituer une plaque médullaire distincte, sur les bords de laquelle l'ectoderme vient chevaucher

(la similitude avec *Amphioxus* est remarquable); il n'a jamais trouvé de canal ou de neuropore. La question est maintenant de savoir s'il s'agit uniquement du nerf collaire ou également du cordon dorsal dans la région postérieure ; la note fort écourtée de Ritter n'est pas assez explicite. La situation superficielle des cellules nerveuses dans la partie postérieure comporte naturellement un recouvrement secondaire par chevauchement de l'ectoderme non différencié, pour expliquer la situation profonde du cordon dorsal chez l'adulte.

Nous pouvons utiliser ces intéressantes observations pour nous figurer comment le système nerveux central s'est développé graduellement. On peut admettre qu'il y a eu d'abord simple augmentation du nombre des cellules, c'est-à-dire agrandissement et étalement de la plaque médullaire. Comme dans tous les cas analogues, l'augmentation de surface par étalement est tôt limitée et il y a plissement, formation d'une rainure ou gouttière qui va s'approfondissant et finit par se tranformer en tube. En réalité, si l'essence du phénomène est bien une augmentation de surface tout en occupant peu de place, on ferait mieux d'exprimer les choses en disant que les bords se relèvent jusqu'à se rencontrer en haut sur la ligne médiane. Il y aura donc, également du fait du développement du système nerveux, augmentation du diamètre vertical. On peut même trouver une raison, ou du moins un avantage, à ce que le cordon dorsal soit affecté et non le cordon ventral. Si le cordon nerveux ventral se développait, la corde deviendrait tout à fait dorsale ; au contraire, le nerf dorsal se met en haut, symétrique avec l'intestin en bas, par rapport à la corde ; celle-ci devient tout à fait axiale, condition importante pour son fonctionnement comme coordinateur des mouvements de natation.

Dans les groupes voisins, chez les Tuniciers et chez l'*Amphioxus*, il y a des dispositifs de détail que l'on peut considérer comme servant à augmenter la surface d'impact de la lame natatoire. Chez la larve de *Clavelina*, Van Beneden et Julin, décrivent et figurent sur une coupe transversale de la région caudale, l'épiderme comme un cercle continu de cellules plates, portant extérieurement une mince couche transparente. Cette couche transparente forme constamment sur la ligne médiane, du côté du dos et du côté du ventre, une lame verticale, une sorte de nageoire très mince. D'après le dessin, chaque lame a une hauteur égale au diamètre du corps lui-même ; par suite de ces lames, la dimension verticale de la queue est donc triplée. Dans cette couche transparente, on trouve çà et là un petit noyau de

cellule. Cette couche est tout à fait en dehors de l'épiderme et les auteurs la considèrent comme le manteau. Or, le manteau a histologiquement la valeur d'une cuticule sécrétée, anhiste, cellularisée secondairement par immigration. La plus grande portion de la queue est donc dans ce cas un simple épaississement, non pas d'une structure quelconque de l'embryon, mais d'une substance qui lui est extérieure, qui ne fait pas, à strictement parler, partie intégrante de l'organisme. Le seul travail un peu complet, quoique encore fort sommaire, sur l'embryologie des Appendiculaires, signale des anomalies analogues. D'après Goldschmidt (1903), la membrane de l'œuf est maintenue comme recouvrement de l'embryon et cette membrane produit un long bouquet de soie au bout extrême de la queue. (Voir le compte rendu du travail de Goldschmidt, dans ce recueil, séance du 5 octobre 1903, où quelques-unes des vues développées ici ont été sommairement énoncées.) L'organe énigmatique trouvé par Fol chez *Kowalewskia* est probablement aussi le reste d'une brosse terminale. Enfin, chez *Amphioxus*, Hatschek décrit la nageoire caudale embryonnaire et provisoire, comme formée, non par un pli de l'épiderme, mais comme une production purement épithéliale, résultant d'un énorme accroissement en hauteur des cellules.

Quand on examine ces diverses structures, on est avant tout frappé par leur simplicité morphologique : des épaississements lamelleux ou des prolongements sétiformes d'une enveloppe anhiste, ou un allongement columnaire de quelques cellules qui conservent leur place dans un épithélium. Grâce à leur simplicité, on peut se figurer ces structures comme aisément réalisables à titre de variations individuelles au début. Elles n'en sont pas moins fonctionnellement très utiles ; en accroissant la surface d'impact, elles exaltent le pouvoir de natation et font pratiquement, de l'extrémité postérieure indifférente d'un ver, une région caudale motrice. Par là, l'influence transformatrice, *umgestaltend*, de ces variations est incomparablement plus grande que leur valeur morphologique. Elles ont probablement joué un rôle phylogénique important, en orientant définitivement l'évolution dans la direction d'une locomotion natatoire.

Les différences anatomiques entre les Entéropneustes et l'*Amphioxus* sont expliquées par le genre de vie et spécialement par la locomotion natatoire rapide. La vacuolisation de régions étendues du tube digestif, adaptation à la psam-

mophagie, a permis le développement musculaire, corrélativement la formation du tube nerveux et, par suite, l'élévation du diamètre vertical. Des variations individuelles fort simples, augmentant la surface d'impact de la partie motrice postérieure, ont largement pu contribuer à l'évolution du type vertébré.

19. — *Les Tuniciers.*

Les rapports phylogéniques directs entre Entéropneustes et *Amphioxus* ont pour conséquence de laisser les Tuniciers en dehors. Leurs affinités avec les Vertébrés sont pourtant généralement considérées comme suffisamment étroites pour qu'il soit impossible d'écarter purement et simplement le groupe; il est, au contraire, indispensable de déterminer sa position.

La présence d'une corde axiale, dans la même situation que chez les Vertébrés, se formant de la même façon, a été, comme de juste, l'argument principal en faveur de la création du groupe plus compréhensif des Cordés; il est hors de doute qu'il y ait également identité fonctionnelle. La seule différence réside dans l'histologie; la vacuolisation se produit chez les Entéropneustes et les Vertébrés dans l'intérieur des cellules, elle est intra-cellulaire; chez les Tuniciers, elle est, au contraire, inter-cellulaire, le liquide sécrété se mettant entre les cellules. Il en résulte une structure assez différente : chez les Vertébrés, une corde avec des travées membraneuses d'une paroi à l'autre, ces travées étant les enveloppes des cellules; chez les Tuniciers, par confluence des vacuoles, une grande cavité centrale et les cellules restées petites, refoulées en une couche continue tout contre la gaine. Si pratiquement, c'est-à-dire fonctionnellement, le résultat est le même, le procédé au moyen duquel ce résultat est obtenu est assez différent. On est généralement enclin à ne pas attacher beaucoup d'importance à des modalités de formation, et souvent sans doute on a raison; tel est spécialement le cas quand l'un des procédés apparaît dans un groupe zoologique ultérieur et manifestement comme une modification secondaire du procédé en usage dans le groupe zoologique primitif; exemple : la formation aberrante de la corde et du mésoderme chez les Amniotes. Mais des modalités différentes pour arriver au même résultat est la caractéristique d'évolutions convergentes, c'est-à-dire de descendants qui finissent par se ressembler,

mais qui descendent de progéniteurs différents. Cette possibilité doit être prise en considération ; il en résulterait que Tuniciers et Vertébrés sont plus différents qu'on ne l'admet généralement.

A la différence de constitution histologique s'ajoute une différence dans l'extension : l'urocordie caractéristique des Tuniciers, dispositif qu'il n'y a aucune raison de considérer comme le résultat d'une régression d'une plus grande extension primitive. Il est vrai que la nature secondaire de l'urocordie a été soutenue, mais cette opinion ne ressort pas de l'examen des faits en eux-mêmes ; elle a été émise surtout pour faire entrer les Tuniciers dans le schéma général des Vertébrés.

L'appareil branchial donne lieu à des constatations analogues. Le fait dominant est la présence de seulement une paire de fentes chez les Tuniciers ; cela est hors de conteste pour les Appendiculaires. Malgré la multiplicité des boutonnières ou stigmates chez les autres Tuniciers, le plan serait essentiellement le même, car ces stigmates ne seraient morphologiquement que des perforations accessoires et secondaires dans la région élargie d'une paire unique de fentes primitives (Van Beneden et Julin). Il n'y a rien non plus qui rappelle les languettes subdivisant les fentes. Chez les Entéropneustes, il y a un grand nombre de fentes distinctes et chacune d'elles se forme par une évagination indépendante de la paroi du pharynx, s'ouvrant directement au dehors. Il en est de même pour *Amphioxus*, sauf la formation secondaire d'une cavité péribranchiale, comme chez les Tuniciers ; mais, encore une fois, le mode de formation des espaces péribranchiaux est tout à fait différent. Ainsi, dans les deux groupes, il se constitue un treillis à mailles très fines, protégé au dehors par des duplicatures cutanées ; le fonctionnement est certainement identique, mais le plan de construction et le mode de formation sont fort différents.

Le manteau ou la tunique est tellement caractéristique pour les Tuniciers, que c'est de là que leur vient leur nom. Il n'y a rien d'analogue chez les Entéropneustes et l'*Amphioxus*.

Le cœur a la structure et le mode de formation de celui des Entéropneustes : une vésicule cœlomique séparée, dont une partie s'invagine et se muscularise pour constituer le cœur proprement dit, tandis que le reste de la vésicule est le péricarde. La même chose existe chez les Mollusques, où il faut bien admettre sa formation indépendante ; on ne peut donc pas conclure, sur la base de cet argument quelque

peu infirmé, à la parenté des Entéropneustes et des Tuniciers. Mais il reste toujours le fait que l'*Amphioxus* est complètement différent; ses vaisseaux contractiles ne peuvent pas dériver du cœur des Tuniciers; il n'y a aucun rapport morphologique.

Pour le cerveau, on est gêné par l'absence d'organes sensoriels chez l'*Amphioxus*, que l'on considère comme une régression. Il faudrait donc faire la comparaison entre les Tuniciers et les Vertébrés craniotes, c'est-à-dire entre des termes fort distants dans la série. Il n'y a de commun que le caractère très général de situation antérieure et de formation par invagination ectodermique, ce qui est insuffisant pour établir des homologies un peu précises. Mais les Tuniciers présentent une particularité : leurs organes sensoriels, œil et otolithe, sont impairs et dans l'intérieur du cerveau; la lentille occupe une cavité, diverticule du cerveau. Chez les Vertébrés, ces organes sont pairs, la lentille et l'otocyste sont des dérivés épidermiques externes à l'encéphale. Pour autant qu'on puisse juger, ces différences paraissent essentielles et semblent ne pas permettre de rapprochement morphologique.

Ainsi, pour des systèmes morphologiquement importants comme les organes sensoriels et le cœur, il n'y a aucune ressemblance, même lointaine, entre Tuniciers et Vertébrés Le manteau, organe non morphologique, si l'on peut s'exprimer ainsi, mais physiologiquement fort important et qui a contribué à modeler le type, n'existe pas chez les Vertébrés. Et pour les organes fonctionnellement identiques comme les branchies, les cavités péribranchiales, la corde, les ressemblances anatomiques sont superficielles, des analogies plutôt que des homologies, ou tout au moins pas des homologies étroites. Il faut en conclure que Tuniciers et Vertébrés sont des groupes distincts, ayant évolué parallèlement; les ressemblances sont des convergences, des adaptations à des nécessités identiques.

Ainsi formulée, la conclusion est trop absolue et il s'agit de bien définir ce qu'il faut entendre par « groupes distincts ». La pensée est ici que Tuniciers et Vertébrés sont moins voisins qu'on ne l'admet d'ordinaire (Bateson), mais cela ne veut pas dire qu'ils n'ont rien de commun, qu'ils sont, par exemple, distincts comme les Mollusques et les Echinodermes. Il y a incontestablement un fond commun ; la formation d'une corde au dépens de l'intestin, d'un centre nerveux en situation dorsale, de fentes pharyngiennes, sont des faits auxquels on ne peut dénier une signification phylogénique.

L'hypothèse qui tiendrait le mieux compte de l'ensemble de ces relations consisterait à dériver les Tuniciers du tronc qui a fourni les Vertébrés, non pas au-dessus des Entéropneustes, comme on le fait généralement, mais en dessous; de façon que d'un point commun ont divergé, d'un côté les Tuniciers, de l'autre les Entéropneustes, lesquels ont ensuite donné *Amphioxus*, et les Vertébrés.

20. — *Détermination des caractères du progéniteur.*

Il est relativement facile de se faire une idée de ce qu'a dû être le progéniteur. Nous devons d'abord le douer de tous les caractères communs à ses divers descendants, car précisément la communauté s'explique le mieux comme l'héritage, transmis à tous, d'une particularité possédée par l'ancêtre. Nous devons aussi lui attribuer des caractères présents dans un groupe seulement, lorsqu'ils se présentent comme une manifestation archaïque et que leur absence dans d'autres groupes peut s'expliquer comme une disparition secondaire. En dehors de ses descendants, cet ancêtre hypothétique aura des affinités avec l'un ou l'autre groupe et nous pourrons utiliser ces groupes pour compléter, par la comparaison, les grandes lignes de son organisation. Enfin, nous devons bien avoir soin, dans cette reconstruction hypothétique, de ne pas créer des monstres; l'ancêtre a dû pouvoir vivre dans des conditions de milieu et d'entourage auxquelles il était adapté; le genre de vie probable doit largement entrer en ligne de compte, non seulement pour le progéniteur, mais aussi pour tous les stades ultérieurs; car chaque étape de cette évolution doit être marquée, soit par un ajustement plus adéquat au genre de vie, soit par l'adoption de et l'adaptation à un genre de vie nouveau.

Les Vertébrés, l'*Amphioxus*, les Entéropneustes et les Tuniciers ont comme caractère commun la perforation des parois du pharynx, la pharyngotrémie. Elle est réalisée de plusieurs façons fort différentes, mais qui peuvent toutes être considérées comme des modalités, des modifications divergentes d'un type unique; ce type doit être construit de façon à permettre ces modifications dans ses descendants. Aucun de ces groupes ne montrant des indications de dégénérescence ou d'évolution régressive (sauf les Ascidies), il faut considérer l'organe le plus simple comme aussi le plus primitif. Nous ne nous tromperons pas de beaucoup en dotant notre progéniteur d'une

pharyngotrémie analogue à celle des Appendiculaires : une seule paire de fentes, sans autre complication qu'une garniture ciliée contribuant à produire un courant d'eau. Ce dispositif ressort non seulement de la considération des divers desendants, mais est conforme à ce que nous montre une forme voisine plus inférieure : *Cephalodiscus*. Cette comparaison nous suggère même un détail qui aura son importance : la vacuolisation des cellules autour de l'ouverture ou sur une région plus étendue du canal par lequel passe l'eau, et qui serait ainsi automatiquement maintenu béant.

La pharyngotrémie chez *Cephalodiscus* est, au point de vue anatomique, un dispositif bien net, morphologiquement non subordonné à un autre organe ; mais, au point de vue physiologique, il y a une subordination au lophophore : les fentes évacuent l'eau poussée par le lophophore ; lophophore et fentes pharyngiennes sont des organes collaborateurs dans ce groupe, dont probablement le progéniteur faisait partie. La considération des prédécesseurs suggère donc la possibilité de la présence d'un lophophore chez le progéniteur des Cordés. Mais cet organe manque chez tous ses descendants et il n'en reste même plus trace dans leur ontogénie. Cette absence est donc un caractère fort archaïque ; en conséquence, le progéniteur ne recevra pas de lophophore. Un tel organe aurait, du reste, disparu quand même, car il semble peu compatible avec la natation des Tuniciers et de l'*Amphioxus*, avec les habitudes arénicoles des Entéropneustes. C'est surtout le manque de rappel ontogénique qui nous porte à en priver déjà le progéniteur. La fonction mécanique du lophophore comme producteur d'un courant d'eau pharyngien a été assumée par la ciliation des orifices d'évacuation et probablement aussi par des appareils pharyngiens ciliés.

Chez les Tuniciers, les Entéropneustes, les Vertébrés, la pharyngotrémie est au service de la respiration, comme le prouvent des dispositifs anatomiques et spécialement la vascularisation. Mais, précisément, les Appendiculaires ne montrent aucune spécialisation dans ce sens ; sans dénier à leurs orifices pharyngiens tout rôle respiratoire, ce rôle sera restreint à ce que le dispositif naturel pour l'évacuation de l'eau permet de réaliser. Nous considérerons donc la respiration chez le progéniteur, outre sa généralisation à toutes les surfaces baignées, comme une fonction associée, secondaire et débutante des fentes pharyngiennes.

Parmi les groupes dérivés, les Tuniciers et l'*Amphioxus* présentent

des cavités péribranchiales; elles ne manquent qu'aux Entéropneustes. Mais ces cavités sont morphologiquement fort différentes et, par conséquent des néo-formations dans les limites de leur groupe, et, ici encore, les Appendiculaires représentent le terme le plus simple et l'organisation primitive. *Cephalodiscus* également à ses ouvertures pharyngiennes ouvertes directement à l'extérieur. Le progéniteur n'aura donc pas de cavités péribranchiales.

Les Entéropneustes seuls ont un lobe préoral, la trompe; les particularités sont des adaptations à la vie arénicole. Le lobe préoral est un organe fort répandu parmi les Invertébrés; il existe notamment chez Actinotrocha, *Rhabdopleura* et *Cephalodiscus*. Pour ces raisons, nous accorderons un lobe préoral au progéniteur et nous considérerons son absence dans les deux groupes nageurs des Tuniciers et de l'*Amphioxus*, comme une disparition secondaire, en rapport avec le genre de vie.

L'absence d'un organe central de la circulation, d'un cœur ramassé, doit être considéré comme un caractère d'infériorité notoire; à ce point de vue, *Amphioxus* serait le terme le moins perfectionné de la série, car tous ses gros vaisseaux sont contractiles. Mais précisément ces vaisseaux plus nombreux, bien délimités, mettent l'organisme bien au-dessus de ses congénères; c'est une acquisition toute nouvelle, appelée à un immense avenir; elle n'a aucun rapport avec les dispositifs circulatoires antérieurs. Les Tuniciers et les Entéropneustes ont un même type de cœur, beaucoup plus archaïque; celui de *Balanoglossus*, avec l'invagination de la membrane musculaire à peine indiquée, est de loin le plus simple. Chez les Tuniciers, l'invagination est poussée plus loin; il s'est formé un tube. Nous prendrons ici encore l'organe le plus simple : le progéniteur recevra un cœur d'Entéropneuste. Les modifications si différentes chez les Tuniciers et l'*Amphioxus* peuvent pourtant tenir à la même cause : l'énergie musculaire plus grande que comporte la natation nécessite une circulation plus active. La même raison a pu, dans une certaine mesure, amener la formation du cœur chez le progéniteur lui-même; car *Cephalodiscus* et *Rhabdopleura* ne montrant pas cet organe, il faut le considérer comme une acquisition du progéniteur.

Dans les formes inférieures, le lophophore semble en connexion avec une région spéciale du corps, la région collaire avec ses deux vésicules cœlomiques. La disparition du lophophore ne doit pas nécessairement entraîner la disparition du collier, comme le prouvent

les Entéropneustes. Tel est pourtant le cas chez les Tuniciers, déjà chez les Appendiculaires; aussi chez *Amphioxus*, où, il est vrai, il resterait, d'après certaines homologations, des traces du collier (les replis pleuraux de la cavité péribranchiale, d'après Macbride), mais déformés et méconnaissables. Le cas est tout à fait parallèle à celui du lobe préoral : présence chez les formes plus inférieures et chez les Entéropneustes, absence chez les deux formes nageuses. La conclusion sera la même : une région collaire derrière le lobe préoral du progéniteur, entrant en régression par la vie natatoire, sans toutefois que l'on puisse discerner en quoi un collier pourrait être désavantageux pour la natation.

Le manteau manque aux Entéropneustes et à l'*Amphioxus*. C'est une formation restreinte aux Tuniciers; dans le groupe des Appendiculaires, où elle a son plus grand développement, elle est manifestement une adaptation à la vie planktonique. On pourrait donc considérer le manteau comme une acquisition particulière des Appendiculaires, qui s'est maintenue chez les autres Tuniciers; le progéniteur en aurait été dépourvu, ce qui expliquerait l'absence de ce dispositif dans les deux autres descendants. Mais les Appendiculaires sont le groupe le plus inférieur, c'est-à-dire le plus proche du progéniteur. Un caractère tellement développé précisément chez cette forme la plus inférieure, chez ce premier descendant, est-il bien entièrement nouveau, ou n'est-il pas plutôt l'exaltation d'une faculté dont déjà était doué l'ancêtre? Or, précisément chez *Cephalodiscus* et *Rhabdopleura* il y a une abondante sécrétion anhiste sous forme de tube ramifié, et un naturaliste aussi réservé que M'Intosh, décrivant *Cephalodiscus* dans les *Challenger Reports*, mentionne « le parallélisme avec le *Haus* des Appendiculaires ». Nous admettrons donc une telle enveloppe, sans plus d'ailleurs préciser sa forme.

Les tubes de *Cephalodiscus* et *Rhabdopleura* sont fixes et coloniaux, c'est-à-dire renfermant de nombreux individus. Mais les Appendiculaires, les Entéropneustes, *Amphioxus*, sont toujours libres et isolés, non coloniaux; la fixation et la formation de colonies chez les Tuniciers sont indubitablement des faits secondaires. Notre progéniteur sera donc un individu unique dans une capsule non fixée.

L'appareil digestif de *Cephalodiscus* et *Rhabdopleura* est incurvé, l'anus rapproché de la bouche; il en est de même chez les Tuniciers et aussi, à un certain degré déjà, chez les Appendiculaires Chez les Entéropneustes, l'anus est terminal; chez *Amphioxus*, sub-terminal.

L'extension primitive de l'endoderme dans la région caudale des Tuniciers, rend fort probable que chez le primogéniteur il y avait un anus terminal et un tube digestif non incurvé.

La continuité du cœlome postérieur est un caractère fort net chez toutes ces formes apparentées; la métamérisation débutante dans la queue des Tuniciers, tout à fait développée chez *Amphioxus*, est une modification secondaire. Le cœlome du progéniteur aura été continu.

Récapitulant, on trouvera que sur douze points nous avons pu arriver à des conclusions suffisamment précises, quant à la structure du progéniteur. Nous avons même, à propos de plusieurs de ces points, retrouvé les détails d'organisation dans des formes plus inférieures encore, ou plus exactement, toujours dans une seule et même de ces formes : le groupe de *Cephalodiscus* et consorts.

Cette concordance des enquêtes partielles et spéciales par organes est un fait important. La plasticité des organismes permet de trouver à tout des précurseurs, pour une structure dans tel groupe, pour une autre dans tel autre groupe; mais le mélange des progéniteurs n'est pas admissible en phylogénie; un ancêtre ne se prend pas par pièces, mais en bloc. Une création phylogénique acceptable doit indiquer une seule ligne d'ascendance.

Le progéniteur commun des Tuniciers, Entéropneustes et Vertébrés était un pharyngotrème sans cavités péribranchiales, avec un lobe préoral, un cœur d'Entéropneuste, un collier avec cavités cœlomiques mais sans lophophore, un intestin à anus terminal, un cœlome postérieur non cloisonné en métamères, isolé dans une capsule libre; zoologiquement, il aurait occupé une situation intermédiaire entre *Cephalodiscus* et les Appendiculaires.

V. — Évolution phylogénique.

21. — *Diplocordes et progéniteur des Cordés.*

Dans la détermination des caractères du progéniteur, nous ne nous sommes pas bornés à la comparaison des groupes dérivés. En remontant la ligne d'ascendance, nous ne nous sommes pas toujours arrêtés au premier point commun des diverses branches; nous avons parfois remonté plus haut; pour compléter le progéniteur par la comparaison avec des formes plus primitives encore, et pour le mieux

comprendre, nous avons parfois dû prendre en considération ses ancêtres. En continuant dans cette voie, on finirait d'étape en étape, par arriver au Protozoaire primordial et par écrire un traité complet de phylogénie. Notre but est plus modeste; nous nous bornons à un seul groupe et même dans la mesure du possible, à un seul organe dans ce groupe; il faut donc bien s'arrêter quelque part dans la chaîne continue des êtres. Nous n'irons pas plus loin que le groupe ancêtre immédiat du progéniteur; et on a vu que le groupe tout désigné était *Phoronis*, par sa larve Actinotrocha, *Rhabdopleura* et *Cephalodiscus*, c'est-à-dire les Diplocordes de Masterman.

Dans cette reconstitution du progéniteur, aussitôt que de la comparaison des diverses formes, il résultait à suffisance de preuve la présence probable d'un organe, le but était atteint. Il s'agit maintenant de compléter le tableau évolutif en suivant l'ordre inverse, c'est-à-dire en suivant la marche même de l'évolution. Partant du progéniteur considéré comme donné, nous devons voir comment il va se modifier et se diversifier dans ses descendants. Il faudra s'arrêter à chaque stade, constater les modifications produites et essayer de les expliquer comme concordances au genre de vie. C'est ce que nous avons fait déjà pour quelques caractères, mais seulement dans les cas les plus simples et pour les grandes lignes. Il s'agit maintenant de le faire systématiquement.

Contre pareille tentative, il règne des préventions parfois très accusées. Les savants même les plus évolutionnistes n'aiment pas un travail exclusivement interprétatif; à leurs yeux, un auteur doit fournir en même temps des faits nouveaux; ceux-ci peuvent être d'importance fort minime, mais ils peuvent servir de prétexte à des développements théoriques; il semble que l'un n'aille pas sans l'autre. Or, l'appréciation exacte des faits dans leur signification philosophique a pour première condition l'indépendance d'esprit. Qui ne voit qu'un auteur, malgré tous ses efforts, est toujours naturellement enclin à ne pas sous-taxer la valeur des faits qu'il a lui-même découverts et qu'on le force pour ainsi dire à prendre comme base de ses spéculations. La compétence technique, même si on la considère comme un avantage, n'en a pas moins l'inconvénient de prédisposer l'esprit et en tout cas ne peut pas être posée comme une condition absolue.

Ces remarques trouvent leur application, précisément pour ce groupe des Diplocordes. Masterman a rectifié l'erreur consistant à

homologuer la glande hypophysaire de *Cephalodiscus* avec la corde proboscidienne de Balanoglossus ; il a décrit les échancrures buccales d'Actinotrocha, orifices évacuateurs de l'eau ; il a constaté la vacuolisation cordale dans les diverticules latéraux. Ce n'est certes pas à cet ensemble de faits que peut s'appliquer la qualification de détails d'importance minime. Mais leur importance n'en a pas moins été quelque peu exagérée et leur interprétation est parfois singulière. La vacuolisation de quelques parties limitées du tube digestif justifie-t-elle la dénomination de Diplocordes? Peut-on admettre la moindre homologie entre ces structures paires, en somme infimes, et un organe étendu et aussi nettement axial que la notocorde? Nous croyons beaucoup plus raisonnable d'interpréter ces « cordes latérales » comme la première manifestation d'une tendance qui se généralise chez les Entéropneustes à tout le tube digestif. Le vrai caractère du groupe a été quelque peu perdu de vue : c'est la modification du courant d'eau produit par le lophophore, de façon à le faire entrer plus ou moins dans la bouche ; la pharyngotrémie en est une conséquence anatomique, et la vacuolisation cordale est une conséquence histologique de la pharyngotrémie.

Prenant les Diplocordes comme point de départ, le progéniteur des Cordés devient le premier stade d'évolution. Les ressemblances entre les deux, conséquences naturelles de la parenté et de l'hérédité, s'expliquent d'elles-mêmes ; nous n'aurons par conséquent qu'à nous occuper des différences.

Le groupe des Diplocordes est fort naturel, mais il y a pourtant des différences entre ses membres, même pour des caractères importants que nous aurons à utiliser. C'est ainsi que *Rhabdopleura* n'a pas de fentes pharyngiennes, que *Actinotrocha* n'a que des échancrures. Faut-il en conclure que la pharyngotrémie n'est pas un caractère général du groupe? Ce serait excessif ; il est plus rationnel de considérer ces cas comme exceptionnels. Malgré l'Aptéryx, les Oiseaux sont caractérisés par leurs ailes.

Parmi les diverses formes de Diplocordes, y a-t-il moyen de faire un choix et de préciser laquelle se rapprocherait le plus de la forme ancestrale. Les spéculations phylogéniques comportent rarement cette précision, surtout pour les caractères pris isolément ; mais quand il y a concordance entre de multiples indications, on peut arriver à un certain degré de probabilité. Il est bon de dire dès maintenant que c'est *Cephalodiscus* qui nous sera le plus utile, à cause de sa pharyn-

gotrémie parfaite, la liberté de ses polypites et l'arrangement du tube coloniaire.

Le tableau suivant résume la comparaison et fait ressortir les ressemblances et les différences.

CARACTÈRES.	Diplocordes.	Progéniteur.	Ressemblances.	Différences.
Pharyngotrémie	+	+	×	...
Lophophore	+	—	...	×
Cavités péribranchiales	—	—	×	...
Lobe préoral	+	+	×	...
Cœur	—	+	...	×
Cœlome	+	+	×	...
Manteau	+	+	×	...
Collier	+	+	×	...
Intestin	Courbé.	Droit.	...	×
Organisme	Coloniaire.	Isolé.	...	×
Tube	Fixé.	Libre.	...	×

Le progéniteur des Cordés a hérité de son ancêtre diplocorde, la pharyngotrémie, le lobe préoral, la région collaire avec ses cavités cœlomiques mais sans lophophore, le cœlome postérieur indivis, le manteau; il a acquis un cœur, redressé l'intestin incurvé et de coloniaire fixé, est devenu individu isolé et libre.

22. — *Transformation de l'organisme coloniaire en individus isolés.*

Il en est du caractère colonial ou individuel des deux termes, comme de la pharyngotrémie; les indications du tableau comparatif doivent subir quelque atténuation. Si les tubes de *Rhabdopleura* et de *Cephalodiscus* renferment un grand nombre d'individus, au contraire *Phoronis* est toujours à l'état d'individu isolé. Pour l'autre terme de la comparaison : si les Entéropneustes, *Amphioxus* et les Vertébrés sont toujours simples, par contre les Tuniciers présentent une variété de formes coloniales ; avec les Siphonophores, ce sont les deux groupes où l'état colonial a donné lieu aux plus curieuses mani-

festations. On pourrait donc en même temps douter de l'état coloniaire comme caractère général des Diplocordes et de l'isolement individuel comme caractère du progéniteur des Cordés. Mais les Appendiculaires doivent faire pencher la balance en faveur de l'isolement, car ils sont le groupe le plus inférieur, les premiers descendants du progéniteur; l'état colonial s'est produit uniquement chez leurs descendants particuliers et est un phénomène spécial au groupe des Tuniciers.

Si, pour expliquer plus facilement les Tuniciers coloniaires, on leur donnait un progéniteur coloniaire aussi, il faudrait considérer les Appendiculaires comme une modification ultérieure, un isolement secondaire. C'est aussi une conséquence de la théorie qui en fait des larves permanentes, et à la rigueur, cette hypothèse serait admissible. On considérerait également les Tuniciers coloniaires flottants, les Thaliacés, comme provenant de colonies primitivement fixées et qui se sont détachées comme colonies; c'est ce qui a été soutenu notamment pour les Pyrosomes; et la précocité du bourgeonnement du cyathozoïde pour constituer les quatre premiers individus de la colonie vient fournir quelque appui à cette manière de voir. Pourtant Hæckel considère comme plus probable la théorie qui en fait les descendants de formes primitivement isolées. Pour *Doliolium* et les Salpes, l'origine individuelle non-coloniaire est encore beaucoup plus probable; et il en est de même pour les Siphonophores. Pour les Tuniciers comme pour les Siphonophores, la parenté étroite des formes flottantes avec des formes coloniales fixées était la circonstance la plus favorable pour une origine coloniaire. Si les choses ne se sont pas produites de cette façon, ne peut-on pas en conclure à ce que les organismes coloniaires fixés ne sont pas aptes à se libérer, bien moins aptes que les individus isolés fixés, car cette dernière modification est fréquente. Dès lors, libération et individualisation sont des phénomènes connexes. Quand un organisme coloniaire flottant, comme par exemple les Thaliacés, a dans sa ligne d'ascendance un ancêtre coloniaire fixé (quelque chose comme *Cephalodiscus*, dans notre hypothèse), il y a nécessairement intercalation d'un stade individuel, les Appendiculaires dans le cas actuel. Voilà pourquoi nous commençons par faire de notre progéniteur, au lieu d'une colonie, un individu isolé.

Les polypites de *Rhabdopleura* sont tous réunis par un stolon commun; chaque individu se trouve dans un tube latéral ouvert à un

bout; l'animal peut saillir hors de cette ouverture, étaler son lophophore dans l'eau ambiante; le tube ne semble lui servir que de retraite et de protection quand il se contracte; le tube principal est divisé en segments par des cloisons transversales, de façon que chaque polypite a sa loge propre. En somme, le mode de vie semble être essentiellement celui d'un Bryozoaire.

Il règne beaucoup plus d'obscurité sur les mœurs de *Cephalodiscus*, l'animal n'ayant pas été observé vivant. Un point important est l'indépendance absolue des polypites, qui ne contractent aucune union avec leur tube. Ce tube est occupé à l'intérieur par un système de canaux anastomosés, renflés par places en loges, percées d'un orifice arrondi qui s'ouvre au dehors; dans chaque loge il y a un polypite. Celui-ci pourrait même aller se promener à l'extérieur, mais Mac Intosh ne dit pas sur quoi se base cette assertion; comme il ne donne pas la mesure des orifices, on ne peut pas juger. Un courant d'eau parcourerait le tube, apportant à l'animal la nourriture et l'oxygène.

Ces suppositions sur le genre de vie, faites en dehors de toute idée théorique, par le naturaliste qui a étudié l'animal, sont fort importantes pour nous. Nous aurons ultérieurement à les utiliser.

Le premier stade évolutif est caractérisé par le fractionnement du tube en une capsule indépendante autour de chaque individu isolé; vu l'impossibilité des organismes coloniaires fixés à devenir mobiles comme tels, le licenciement de la colonie semble connexe avec l'abandon de la fixité pour la mobilité.

23. — *Mobilité et ses conséquences; redressement du tube digestif.*

Par rapport à un organisme coloniaire fixé, la libération complète comporte non seulement l'affranchissement du lien avec les autres individus, mais aussi l'affranchissement d'avec le support. Sans avoir pu en donner des raisons d'utilité, nous avons vu par des exemples que les deux phénomènes semblent zoologiquement connexes. Ayant obtenu l'individu isolé, il s'agit donc de le faire flotter ou se mouvoir. Et cela paraît d'autant plus difficile dans le cas actuel, que nous avons affaire, non à un animal en contact direct avec le milieu ambiant, mais entouré d'une enveloppe capsulaire.

C'est précisément cette enveloppe qui va nous fournir un moyen

plausible. Les enveloppes gélatineuses jouent un rôle considérable dans la faculté de flottaison. Il suffit de se référer aux Radiolaires et aux Foraminifères pélagiques, où le mécanisme de la flottaison a été démontré résider dans la vacuolisation de ces enveloppes par absorption d'eau pure, ce qui diminue la densité de l'animal par rapport à l'eau de mer. On peut penser que la capsule de notre progéniteur était doué d'un pouvoir absorbant analogue.

Une particularité remarquable de cette capsule c'est que, comme chez *Cephalodiscus*, elle aura probablement été traversée par un courant d'eau. Ce courant ne peut être produit que par le polypite, et spécialement par son lophophore. Cet organe a donc, de par les mœurs spéciales de *Cephalodiscus*, une double fonction : produire un courant pharyngien et, en outre, un courant dans le tube. Mais, par hypothèse, le lophophore a disparu chez le progéniteur; pour le courant pharyngien, il est remplacé fonctionnellement par son ancien collaborateur, les fentes pharyngiennes. Nous émettons maintenant l'hypothèse que le courant dans le tube est produit par un autre organe : la partie postérieure du ver, allongé, avec anus terminal, qui se livre à des mouvements d'ondulation et permet à l'animal, en même temps, de se mouvoir dans sa capsule par une espèce de reptation et de produire un courant d'eau plus énergique, lequel, à l'orifice de sortie de la capsule, exerce son effet de réaction hydrostatique et contribue par là à maintenir la flottaison. Nous douerons aussi l'organisme de la faculté que lui attribue M'Intosh, de quitter sa capsule pour mener pendant quelque temps une vie tout à fait libre, et, par voie de conséquence, puisque la mobilité va permettre l'entraînement de la capsule, d'en sécréter une nouvelle. Il y a plusieurs autres conséquences encore : par suite de la vie libre plus mobile, le lophophore disparaît comme encombrant et l'énergie musculaire amène un perfectionnement de l'appareil circulatoire par la formation d'un cœur. Nous avons ainsi d'un seul coup et justifiables de la même cause, toutes les différences entre les Diplocordes et le progéniteur des Cordés, comme conséquences du changement de la vie fixée en vie mobile active.

L'hypothèse d'un redressement du tube digestif primitivement incurvé demande un examen plus approfondi. On remarquera que dans la détermination des caractères du progéniteur, ce sont exclusivement les descendants qui ont été pris en considération. En outre, si dans le tableau comparatif les Diplocordes sont dits posséder un tube

digestif incurvé, cette affirmation doit aussi être atténuée, car la larve Actinotrocha de *Phoronis* a un tube droit et l'anus terminal. Du reste, il en est à peu près partout ainsi dans le règne animal, et la zoologie vient confirmer les données de l'embryologie, en montrant l'incurvation comme un phénomène secondaire, dont souvent on peut donner la cause, par exemple la sessilité; les groupes à intestin incurvé descendent d'organismes à intestin droit. Il n'est donc pas impossible que l'intestin droit primitif ait pu se conserver dans un groupe de Diplocordes, comme chez la larve Actinotrocha, mais semblable pour le reste de sa structure à *Cephalodiscus*. A ce point de vue, comme du reste à tous les autres, il serait du plus haut intérêt de connaître l'embryologie de ces formes. Pour le processus d'incurvation, nous ne savons rien de *Cephalodiscus* et *Rhabdopleura*. Chez la larve Actinotrocha, une invagination ectodermique va chercher l'intestin vers le milieu de sa longueur et, se dévaginant brusquement comme un sac herniaire, entraîne l'intestin et le courbe en anse. Chez les Tuniciers, un diverticule du sac pharyngien va s'ouvrir dans une cavité péribranchiale. Mais peut-on considérer ces faits comme normaux, comme une représentation exacte du procédé phylogénique, ou ne sont-ce pas plutôt des modifications cénogéniques qui ont faussé le document embryologique? De sorte que de toutes ces formes voisinant autour du progéniteur, des unes nous ne savons rien, et ce que nous savons des autres est inutilisable.

L'incurvation du tube digestif a naturellement pour effet de donner au corps une forme ramassée, trapue. Mais de la face ventrale part un pédoncule assez gros, relativement long, terminé par une surface pouvant agir probablement comme une ventouse ; le pédoncule est, en outre, abondamment muscularisé par des fibres longitudinales. Nous avons donc affaire à un organe qui prolonge en réalité le corps et qui certainement joue un rôle dans la locomotion de l'individu. On peut donc se demander si nous n'avons pas là les éléments pour la constitution d'une queue de Tunicier ou de Vertébré.

La structure interne montre, sous une couche épidermique assez épaisse, une forte basale, entourant une cavité confusément remplie par des muscles, uniquement longitudinaux ; cette cavité montre des indices de séparation en deux moitiés latérales, par des traces de cloison médiane. On ne peut l'interpréter que comme une partie du cœlome. Il ne manque qu'une masse centrale longitudinale, c'est-à-dire axiale, endodermique, pour fournir la matière de la corde. Mais

l'élément endodermique semble faire défaut chez *Cephalodiscus*.

Un travail récent de Fowler (*Quart. Journal. Microsc. Science*, juillet 1904) montre chez *Rhabdopleura* l'intérieur du pédoncule divisé en deux cavités nettement distinctes, ouvertes en haut, c'est-à-dire à la jonction du pédoncule avec le tronc dans les cavités cœlomiques du tronc; au milieu il y a un espace axial, que Fowler marque sur les figures dubitativement comme endoderme; dans le texte de son mémoire, il dit que la connexion de cette partie axiale du pédoncule avec l'endoderme du tube digestif du tronc n'a pas pu être rigoureusement démontrée, mais que son opinion personnelle est que pareille interprétation n'est pourtant pas douteuse. Les basales pour chaque cavité, qui par leur adossement constituent la lame de séparation médiane, sont un peu écartées sur la génératrice ventrale, et dans l'espace triangulaire délimité entre elles et l'épiderme il y a une traînée probablement nerveuse. Il n'y a pas à nier que la coupe transversale ne ressemble beaucoup à une queue de Tunicier.

Pourtant certaines de ces ressemblances sont moins profondes qu'elles ne paraissent à première vue, et il y a des différences. Il serait très important de connaître la structure histologique de l'organe axial; les dimensions fort petites et l'état de conservation (le matériel provient encore du *Challenger*, date donc de trente ans) n'ont pas permis de pousser fort loin les investigations; non seulement nous ne savons pas comment sont les cellules, mais même il n'est pas certain que la structure est cellulaire; de façon que la possibilité d'un espace intercœlomique ou blastocèle, c'est-à-dire vasculaire, n'est nullement exclue. Si cet organe axial était une tige cellulaire pleine, rigide, fonctionnant comme appareil squelettique, il est probable que les muscles s'y attacheraient; or, c'est juste le contraire : les muscles semblent éviter l'organe. Ils sont disposés à peu près comme chez l'*Amphioxus* et les Cyclostomes, en lames longitudinales horizontales superposées; mais au lieu d'être massés à l'intérieur, de provenir histologiquement de l'épithélium splanchnique, ou plutôt mésentérique du cœlome, chez *Rhabdopleura* c'est l'épithélium de la paroi somatique qui les fournit. Les muscles sont contre la paroi externe (mais en dedans) du corps, en une bande de lames superposées de chaque côté; en bas, ces bandes s'incurvent l'une vers l'autre et remontent accolées le long du mésentère ventral; elles s'arrêtent à l'organe axial et le mésentère dorsal en est également exempt. Fowler compare chaque bande à la lettre capitale J, et les deux bandes sont

comme deux de ces lettres se regardant par leur courbure. Tous ces détails ont probablement une certaine importance pratique; l'arrangement n'est nullement celui d'un appendice locomoteur par ondulations, mais d'un pédoncule extensible et contractile.

En l'absence de tout renseignement embryologique, on doit prendre en considération deux modes possibles de formation des cavités cœlomiques et de l'organe axial du pédoncule. Si l'archenteron s'étendait primitivement dans le pédoncule et a donné sur place les cavités cœlomiques, la structure aurait une haute importance morphologique; mais cette importance serait fort amoindrie si les cavités étaient de simples diverticules du cœlome truncal, et l'organe axial une travée cellulaire, une prolifération de l'endoderme. Un tel mode de formation se comprendrait pour un organe qui serait essentiellement un stolon pour la reproduction par bourgeonnement, ce qui est le cas tant pour *Rhabdopleura* que pour *Cephalodiscus*.

Pour toutes ces raisons, il est peu probable que le pédoncule ait joué un rôle dans l'évolution; déjà chez le progéniteur on peut le considérer comme fortement réduit; mais il convient de le maintenir à ce stade, comme organe rudimentaire ou transitoire, si on admet l'homologie qui a été établie avec l'appendice terminal temporaire du jeune *Balanoglossus*.

Il ne resterait donc, en somme, que le procédé d'une transformation directe, par migration de l'anus en arrière, fait pour lequel il y a assez d'exemples en zoologie, quoique dans chaque cas on ne puisse pas toujours trouver des raisons plausibles. Une telle migration est, du reste, un corollaire de l'homologation mentionnée à l'instant.

L'acquisition de la mobilité a pu être facilitée par la capsule gélatineuse, diminuant la densité, et par la réaction hydrostatique du courant d'eau capsulaire, produit, en remplacement du lophophore, par la partie postérieure du corps redressée, exécutant des mouvements ondulatoires. Les modifications du premier stade évolutif sont toutes en corrélation avec la faculté automotrice.

24. — *Le progéniteur et les Tuniciers.*

Nous admettons qu'au deuxième stade il y a eu évolution divergente, production, d'un côté, des Tuniciers, de l'autre, des Entéropneustes. Cette situation des Tuniciers, contraire aux idées généra-

lement admises mais déjà clairement indiquée par Bateson en 1886, a été discutée au paragraphe 19 ; des caractères essentiels rapprochent les Tuniciers, par les Appendiculaires, de *Cephalodiscus* beaucoup plus que de l'*Amphioxus*, et les différences avec les Diplocordes, fort apparentes, mais morphologiquement moins importantes, sont des conséquences de la différence des genres de vie.

Le progéniteur tel que nous avons essayé de le reconstituer ressemble beaucoup à un Tunicier très inférieur et serait à classer zoologiquement à la base des Appendiculaires. Les modifications consisteraient uniquement en des perfectionnements d'organes déjà présents et, suivant une direction déjà indiquée, comme adaptation de plus en plus précise à un mode de vie spécial, mi-planktonique, mi natatoire. La formation d'organes sensoriels intra-encéphaliques suivant un mode tout à fait particulier est en corrélation avec la mobilité; les plus grands changements ont, comme de juste, porté sur l'organe affecté tout spécialement à la locomotion, sur la partie postérieure, transformée en une queue natatoire, élevée verticalement, ondulante, et dont toutes les parties internes ont subi des modifications d'adaptation à la nouvelle fonction.

Un fait remarquable est le développement d'un centre nerveux avec organes sensoriels chez un organisme où il n'y a pas de tendance à la céphalisation. La grande mobilité des Appendiculaires aurait dû, semble-t-il, amener la constitution d'une tête avec des organes sensoriels externes. La nature toute spéciale, interne, de ces organes et l'absence de céphalisation sont probablement des phénomènes connexes, sans qu'on puisse dire si les relations sont de cause à effet dans un sens ou dans l'autre, ou si elles sont toutes deux des conséquences d'un autre fait plus général ; on poürrait soupçonner, par exemple, les relations avec la capsule. Mais il semble y avoir une relation entre l'acéphalie et le régime planktonique microscopique recueilli par un lophophore ou par un organe analogue, fonctionnant par activité ciliaire. Le cas le plus frappant est, chez les Mollusques, phylum céphalisé, l'acéphalie des Lamellibranches, les « Acéphales » de Cuvier; il y a eu chez eux, sans beaucoup de doute, disparition secondaire d'un tête plus ou moins ébauchée. Mais il y a plusieurs groupes où ni l'anatomie, ni l'embryologie, ni la zoologie ne montrent aucune trace de tête ; parmi eux, les Bryozoaires, les Diplocordes, les Échinodermes, les Brachiopodes sont plus ou moins parents et c'est d'eux que se rapprochent le plus les Tuniciers.

Dans ces conditions, l'acéphalie des Tuniciers devient un caractère archaïque, nullement une dégradation secondaire; elle est un argument valide pour la place inférieure que nous voulons leur assigner. Ce même caractère se maintient chez les Entéropneustes et l'*Amphioxus*. Il en résulte que le cerveau des Tuniciers, avec ses organes sensoriels internes, est une formation particulière au groupe.

Si la différenciation du corps en régions distinctes est un caractère de supériorité, l'acéphalie place les Tuniciers notablement plus bas que les Vertébrés normaux; mais, à l'autre pôle, leur queue est beaucoup plus spécialisée pour la fonction de locomotion et beaucoup plus nettement séparée du tronc. Chez l'*Amphioxus* et les Vertébrés, c'est le corps tout entier qui ondule; aussi la modification cordale affecte-t-elle aussi le tronc; chez les Tuniciers, c'est uniquement la partie postérieure du corps.

L'urocordie s'expliquerait assez facilement si on faisait dériver la queue d'un pédoncule comme celui de *Rhabdopleura;* la forme trapue du corps proprement dit et l'accumulation des organes en un paquet massif étant des raisons suffisantes pour comprendre que les modifications fonctionnelles et anatomiques aient été arrêtées à l'insection du pédoncule. Mais l'hypothèse d'une extension rectiligne du tube digestif, à laquelle nous nous sommes arrêtés, un peu faute de mieux, n'est pas incompatible avec une explication analogue. L'appendice fixateur de *Balanoglossus*, situé juste sous l'anus, pourrait nous montrer que l'anus a émigré en suivant la face dorsale du pédicule, lequel a pu maintenir sa gracilité relative, c'est-à-dire une différence marquée d'épaisseur avec la partie primitivement truncale. Par suite de sa gracilité, la partie postérieure sera seule en mesure d'avoir la liberté nécessaire pour les mouvements ondulatoires et subira seule aussi les modifications anatomiques.

Cette différence d'épaisseur de la région postérieure n'est pas nécessaire absolument pour expliquer l'urocordie. Il est à remarquer que, chez *Rhabdopleura* et *Cephalodiscus*, l'estomac est relativement énorme. Cette circonstance est à elle seule capable d'avoir agi comme obstacle pour limiter à la partie postérieure la modification cordale et les modifications concomitantes.

Parmi ces modifications, les plus importantes sont celles qui affectent le tube digestif dans cette région postérieure. Des deux fonctions associées qu'il remplit, il doit avoir assez rapidement abandonné celle de conduit vecteur, par une nouvelle migration, un

retour en avant de l'anus; l'endoderme caudal s'est exclusivement adapté à sa fonction de support musculaire et de ressort élastique pour coordonner les mouvements. Nous ne connaissons aucun terme intermédiaire entre *Cephalodiscus* et les Appendiculaires et nous ne pouvons donc pas ici citer des faits concrets de préliminaires de division longitudinale et de modifications histologiques, comme chez les Entéropneustes par rapport à *Amphioxus*. Nous devons donc admettre que les phénomènes ont été analogues. Nous avons même une indication que ce n'est pas tout le tube digestif qui s'est transformé en corde, car il reste une traînée cellulaire sous-cordale, à propos de laquelle nous avons rappelé l'hypocorde.

On a assez bien polémiqué au sujet de la métamérie de la queue des Tuniciers en général et des Appendiculaires en particulier. Il est incontestable qu'il y a une régularité sériaire des parties; mais il n'y aurait pas concordance exacte entre les divers systèmes organiques pour le nombre et l'emplacement des parties; c'est-à-dire qu'il n'y a pas juste autant de ganglions nerveux que de segments musculaires, d'où il résulte aussi qu'à chaque segment musculaire ne correspond pas un ganglion nerveux. Partir de là pour nier tout caractère métamérique, c'est quelque peu une exagération. Les choses sont fidèlement représentées par l'expression de métamérie débutante et pas encore rigoureusement coordonnée.

Contre une assimilation étroite avec les segments musculaires de l'*Amphioxus*, Seeliger a aussi fait valoir la nature unicellulaire des « segments » des Appendiculaires et l'absence à tous les stades ontogéniques d'un vrai entérocœle. Tout ce qui tend à séparer les Tuniciers de l'*Amphioxus* ne peut que nous être favorable, puisque nous écartons les deux groupes assez loin l'un de l'autre dans la série phylogénique. Mais les arguments ne doivent pourtant pas être surtaxés. La méthode de formation des cavités cœlomiques est généralement par évagination de l'archentéron; mais il y a de nombreux cas où il y a simplement migration dans le blastocœle de cellules endodermiques, et cela est tout spécialement le cas chez Actinotrocha. Il est vrai que ces cellules finissent par s'arranger en un épithélium continu et par constituer ainsi des cavités cœlomiques bien délimitées. Nous avons vu que ces cavités sont fort nettes dans le pédoncule de *Rhabdopleura;* leur régression dans la région caudale des Appendiculaires est donc assez aberrante. Mais on peut l'expliquer. Les fibres musculaires chez *Rhabdopleura* se mettent contre la face interne de

la paroi somatique, et on conçoit que, pour arriver de l'intestin axial jusque contre la paroi somatique, il ait fallu la constitution d'une cavité cœlomique, du moins au début, phylogéniquement; les fibres musculaires chez les Appendiculaires restent contre la splanchnopleure; elles sont en place dès qu'elles se sont émancipées de l'épithélium intestinal, et tout phénomène ultérieur de cœlomie peut disparaître sans inconvénient. Chez l'*Amphioxus*, il n'en est pas de même, car le sclérotome viendra s'insinuer entre le myotome et l'archentéron; le myotome doit donc se séparer de l'archentéron, qui lui a donné naissance, et cette circonstance maintient la formation d'une cavité cœlomique par évagination.

Chez l'*Amphioxus*, l'archentéron donne, par une évagination encore assez bien indiquée, la corde; de chaque côté, par une évagination fort bien marquée, les cavités cœlomiques ou myotomes, et il reste un intestin définitif complet, bien constitué. Chez les Tuniciers, dans la région caudale, l'archentéron se fragmente en quatre parties : la médiane dorsale formant la corde, deux travées cellulaires latérales pour les muscles, et les cellules inférieures pour l'hypocorde au lieu d'intestin; une fragmentation au lieu d'une série d'évaginations. La simplification ne pouvait pas aller plus loin. Est-elle absolument cénogénique et sans aucune signification phylogénique? Ne pourrait-on pas conclure de cette rapidité ontogénique à une rapidité relative dans l'évolution phylogénique de ces organes? Cela concorderait avec notre hypothèse que la reconstitution d'une région postérieure s'est faite sous l'influence de la fonction motrice, fonction qui s'est rapidement exaltée et a par conséquent rapidement aussi amené des modifications structurales profondes.

Les Appendiculaires sont toujours à l'état d'individus isolés et libres; mais parmi les Tuniciers, il y a beaucoup de formes sessiles et de formes coloniaires. Quoique ces modifications soient secondaires et inférieures au groupe, elles sont pourtant un rappel des groupes intérieurs, une dernière manifestation de facultés qui disparaissent ensuite définitivement; au-dessus des Tuniciers, il n'y a plus jamais de sessilité ni d'organisation coloniaire. Sans vouloir entrer dans la discussion des formes chez les Tuniciers, on peut signaler que la sessilité semble s'être introduite dans le groupe immédiatement après les Appendiculaires et qu'elle est concomitante avec deux autres modifications : la transformation du *Haus* ou de la capsule beaucoup trop vaste, en un manteau collant, et la complication

des branchies. On ne voit pas, au premier abord, de lien logique entre un manteau collant et le développement de la branchie, mais un tel rapport devient apparent quand on prend en considération un travail de Lohmann (1902). Pour la capsule des Appendiculaires, il y a association de trois fonctions : protection, locomotion et préhension des aliments. Déjà pour le tube de *Cephalodiscus*, Mac Intosh avait attribué au tube un certain rôle dans l'amenée de la nourriture. Chez les Appendiculaires, Lohmann a montré qu'il ne s'agit pas seulement d'amenée par le courant d'eau, mais d'une vraie préhension des aliments par des appareils compliqués, assurant un filtrage si parfait, que Lohmann s'est servi des capsules d'Appendiculaires pour étudier le plankton microscopique qui échappe au plus fin filet de soie. L'animal proprement dit n'a donc qu'à avaler, il ne pêche pas lui-même et ainsi se comprend la grande simplicité de ses orifices d'évacuation. Mais quand la capsule devient un manteau collant, celui-ci ne peut plus accomplir cette fonction filtrante et alors la branchie prend sa place.

La facilité avec laquelle les Tuniciers se laissent dériver du progéniteur résulte de ce que les caractères de ce progéniteur hypothétique ont été, en grande partie, calqués sur ceux des Tuniciers. Tout ce que nous leur avons emprunté pour remonter du descendant au progéniteur, nous le retrouvons naturellement quand nous suivons la marche inverse, quand nous redescendons du progéniteur au dérivé. On pourrait reprocher un vice de logique à ce mode de raisonner, si on faisait valoir cette facilité comme un argument probant. Le but de la comparaison du progéniteur avec les Tuniciers est uniquement de donner un tableau sommaire de l'évolution phylogénique. C'est ce tableau qui doit être jugé pour sa plausibilité ou sa probabilité plus ou moins grande, dans son ensemble.

L'évolution des Tuniciers a consisté en une adaptation plus précise à une vie mi-flottante, mi-nageuse, par la formation d'un cerveau avec organes sensoriels internes spéciaux, mais sans céphalisation, la transformation rapide de la partie postérieure seule en une queue ondulante, la constitution d'un appareil capsulaire de filtrage pour le plankton. Dans l'évolution intérieure du groupe, la réduction de la capsule à un manteau collant semble avoir été concomitante avec la fixation et est en rapport logique avec le développement des branchies pour le filtrage.

25. — *Le progéniteur et les Entéropneustes.*

Nous avons doué le progéniteur de quelques caractères archaïques, tels qu'une région préorale développée, un collier avec deux cavités cœlomiques; quoique absents chez les premiers descendants, les Appendiculaires, nous les trouvons chez les Entéropneustes et nous les avons attribués à l'ancêtre commun, considérant leur disparition chez les Tuniciers comme une adaptation à la vie nageante. Les habitudes fouisseuses des Entéropneustes sont aussi fort spéciales; elles amènent des changements considérables dans certains organes, tels que la trompe et le collier. Mais ces changements ne sont pas des modifications morphologiquement aussi profondes que pour la natation, car il y a non pas disparition d'organes, mais simplement changement de forme. Le maintien de ces caractères archaïques ayant plus attiré l'attention, les Entéropneustes ont été placés trop bas.

Toute enveloppe du corps a disparu; il n'y a plus ni capsule, ni manteau. Cette disparition se comprend aisément pour deux raisons: la faculté de quitter la capsule temporairement est la voie toute tracée pour une libération définitive et complète de toute enveloppe; une pareille enveloppe aurait été du reste un empêchement, tant pour la vie rampante qui a probablement d'abord été menée, que pour la vie arénicole, adaptation ultérieure.

La forme de ver allongé est aussi en rapport avec la reptation et la vie fouisseuse: cette forme n'est que l'exaltation d'un caractère du progéniteur. La différence de diamètre entre un tronc et une région postérieure plus grêle s'est effacée; le renflement de la région collaire est probablement une modification qui s'est produite plus tard et qui n'a aucun rapport avec la séparation d'une région truncale plus large, dont nous avons admis la possibilité chez le progéniteur, pour expliquer l'urocordie des Tuniciers. L'autre alternative de cette explication, un estomac volumineux, a aussi été modifiée comme incompatible avec la psammophagie.

Nous avons déjà considéré la multiplicité des fentes pharyngiennes, la polytrémie, et la complication de ces fentes, comme un cas de balancement organique pour remplacer un appareil capteur disparu, lophophore ou capsule. Sans douer le progéniteur commun d'une capsule aussi spécialisée dans cette direction que celle des Appendiculaires, on peut admettre qu'elle jouait pourtant un certain rôle. La

transformation en manteau collant ou sa disparition pendant l'évolution des Entéropneustes sont pratiquement la même chose, car, dans les deux cas, la fonction collectrice devient impossible. Dans les deux cas aussi, c'est l'organe collaborateur pour l'évacuation qui assume la fonction collectrice. Mais il y a dans la réalisation anatomique une différence importante : tout l'appareil des Ascidies serait morphologiquement une seule fente pharyngienne, de façon qu'il y aurait une fausse polytrémie, tandis que chez les Entéropneustes il y aurait une polytrémie vraie. Il y a là peut-être une corrélation avec la conservation de l'enveloppe comme un manteau collant, incompatible avec la multiplicité des orifices externes. L'absence de toute enveloppe aurait permis chez les Entéropneustes la formation de ces ouvertures multiples, formation à laquelle incite aussi la tendance bien connue à la répétition métamérique des parties, avec l'allongement vermiforme du corps.

L'appareil branchial des Entéropneustes serait donc primitivement constitué pour le filtrage du plankton. Beaucoup de particularités peuvent se comprendre ainsi, par exemple les languettes et les synapticules; la languette divise l'orifice, morphologiquement assez large, en deux fentes étroites, que les synapticules subdivisent à leur tour. Mais chez les Entéropneustes actuels, il est fort douteux que les fentes branchiales aient réellement à exercer cette fonction collectrice, attendu que les animaux sont psammophages; et cette subdivision des orifices est également fort avantageuse dans ce mode spécial de nutrition, avec quelques autres particularités encore.

Le sable avalé est fortement aquifère et la mobilité plus grande due à cet excès d'eau ne peut que faciliter la déglutition; mais dans la région digestive, cet excès diluerait les sucs. Les fentes pharyngiennes permettent un drainage préalable. Cette opération est plutôt une question d'ingénieur : le drainage d'un sable boulant. Certaines précautions sont indispensables pour ce travail difficile; par-dessus tout, il faut diviser le courant, opérer en des points nombreux pour éviter une vitesse capable d'entraîner les matériaux; les fines mailles d'un appareil branchial fort étendu réalisent parfaitement cette condition.

Cette adaptation deviendra plus frappante encore si on compare l'orifice interne ou pharyngien des fentes avec l'orifice externe ou dermique. L'orifice interne est allongé, occupe toute la hauteur du pharynx, est divisé par la languette, subdivisé par les synapticules;

l'orifice externe est un simple trou de petite dimension. Comme les vitesses sont inversement proportionnelles aux sections, le courant sera fort intense à l'orifice de sortie, ce qui n'aura plus aucun inconvénient, puisqu'alors ce n'est plus que de l'eau, déjà séparée du sable; mais la vitesse sera faible à l'orifice pharyngien, ce qui est l'essentiel.

Ainsi, l'appareil branchial des Entéropneustes semble aussi bien adapté à la récolte du plankton qu'au drainage du sable, ce qui se conçoit, puisque dans les deux cas il s'agit de retenir des particules dans un courant. Mais on se trouve assez embarrassé pour décider en faveur de la primitivité de l'une fonction plutôt que de l'autre. Dans ces conditions, il faut se guider sur les analogies. Les ascendants que nous attribuons aux Entéropneustes n'étaient pas des avaleurs de sable; ce régime semble donc secondaire. Avant la psammophagie, il y aura eu un stade à nutrition planktonique, à vie rampante, avec introduction occasionnelle d'un peu de sable par suite du contact avec le sol. C'est à cela qu'a eu lieu la première adaptation, et le fait que ces premières adaptations structurales étaient en même temps utilisables pour la psammophagie n'aura pas peu contribué à orienter le groupe dans cette direction d'évolution.

L'embryologie des Entéropneustes est fort différente suivant les espèces considérées; tantôt il y a développement direct presque sans métamorphoses, tantôt il y a un stade Tornaria. Ici aussi se présente la question de la signification de ce stade larvaire. Il manque non seulement chez beaucoup d'Entéropneustes, mais aussi chez les formes voisines, les Tuniciers et l'*Amphioxus*. On pourrait se baser sur cette inégale répartition pour considérer la Tornaria comme une intercalation secondaire dans l'ontogénie, sans signification phylogénique. Mais elle ressemble à beaucoup d'autres larves d'Invertébrés, notamment à celles des Echinodermes; et si ces ressemblances sont considérées comme des homologies véritables, il s'en suit que la forme Tornaria est un stade normal régulier, et non une intercalation spéciale à quelques Entéropneustes; dès lors aussi, c'est le développement direct qui est anormal et qu'on peut du reste concevoir comme une simplification, une abréviation, beaucoup plus facilement qu'on ne peut se figurer l'intercalation d'un stade assez compliqué. Aux caractères du progéniteur, nous devrons donc ajouter un stade larvaire analogue à Tornaria.

En s'adaptant à une vie d'abord rampante, les Entéro-

pneustes ont conservé le lobe préoral et le collier, allongé le corps et perdu la capsule, remplacée dans sa fonction collectrice par la polytrémie; l'adoption définitive de la psammophagie a modifié le lobe préoral en trompe, le collier en organe érectile et utilisé les fentes pharyngiennes au drainage du sable. Le stade larvaire Tornaria a une haute importance phylogénique.

26. — *Les Entéropneustes et Amphioxus.*

Nous avons donc été amenés à admettre un stade primitif à locomotion rampante, non encore psammophage, mais avec un appareil branchial déjà constitué à peu près comme les formes actuelles. Il importe de bien établir que cette conclusion résulte de la considération, partiellement des ascendants, principalement des Entéropneustes eux-mêmes, et nullement des descendants. Nous avons écarté toute préoccupation de ce qu'il faudrait rattacher plus tard aux Entéropneustes.

Or, il se fait que ce stade est précisément ce qu'il faut pour expliquer facilement les relations de parenté étroite de l'*Amphioxus* avec les Entéropneustes et notamment la ressemblance frappante des branchies. De ce stade ont divergé les Entéropneustes et *Amphioxus*; les premiers par adaptation à la vie arénicole et psammophage; *Amphioxus* par adaptation à une vie mi-partie arénicole mais non psammophage, mi-partie nageuse.

Dans cette vie mixte, la locomotion peut avoir, au point de vue des mœurs, une importance secondaire; elle n'en est pas moins l'élément prépondérant comme modificateur organique. Tout comme chez les Tuniciers, c'est en vue de la natation que se sont constitués des masses musculaires métamérisées, un centre nerveux dorsal, une corde. Malgré la mobilité, il n'y a pas de céphalisation, il y a même moins de perfectionnement que chez les Tuniciers; on peut invoquer pour tous deux le régime planktonique, et puis la station arénicole pour *Amphioxus*, les relations avec la capsule pour les Tuniciers.

Mais au milieu de toutes ces analogies et ces ressemblances, il y a quelque chose de différent : le point de départ. C'est pour *Amphioxus* un ver allongé, à tube digestif tout d'une venue, à anus terminal; il ne présente aucune organisation tendant à limiter les modifications à une région postérieure; en conséquence, c'est le corps tout entier qui

a été affecté, et au lieu de l'urocordie des Tuniciers, se produit la notocordie des Vertébrés. Il n'y a pas encore chez *Amphioxus* une différenciation en régions et pour la partie postérieure, sauf la corde et les modifications concomitantes, c'est tout simplement et exactement la structure du ver Entéropneuste qui a été conservée; le tube digestif a transformé sa moitié dorsale en corde, mais il est resté fonctionnel dans sa moitié ventrale sur toute sa longueur aussi : l'anus est sub-terminal, il n'y a pas de grande région post-anale ou le tube digestif n'est plus fonctionnel; par conséquent, il ne peut pas y avoir d'hypocorde et c'est, en effet, une des singularités dans la répartition de cet organe énigmatique que son absence chez *Amphioxus*. Mais dans la suite de l'évolution phylogénique, l'organisme Vertébré a fini par arriver à un stade analogue pour la queue à celui atteint directement et rapidement par les Tuniciers. La zone postérieure s'est de plus en plus spécialisée pour la locomotion; son tube digestif est devenu non fonctionnel, l'anus a émigré en avant, et dans la région post-anale des Craniotes, on trouve de nouveau une hypocorde.

La répartition d'une hypocorde caudale, dont il existe des traces chez les Tuniciers, absente chez l'*Amphioxus*, présente de nouveau chez les Craniotes, cette répartition, aberrante au premier abord, s'explique donc facilement comme une conséquence de la spécialisation d'une région caudale post-anale; l'explication s'harmonise même remarquablement bien avec les faits. Mais le lecteur attentif, qui se rappelle que l'hypocorde provient de la gouttière épibranchiale, sera bien en peine de réconcilier deux affirmations aussi contradictoires.

Cette théorie de Maurer de l'origine épibranchiale, basée principalement sur le mode de formation par évagination, explique parfaitement l'absence d'hypocorde chez *Amphioxus*, où la gouttière est encore fonctionnelle; si elle s'applique facilement à la partie antérieure de l'hypocorde, on ne voit pas bien comment elle pourrait expliquer ce même organe dans les régions truncale et caudale. Maurer invoque une extension primitive plus en arrière de la région branchiale, mais qu'on ne peut cependant pousser suffisamment loin, et une croissance autonome de l'hypocorde vers l'arrière, croissance fort peu probable de la part d'un organe sans aucune fonction et en voie de régression. Les Tuniciers ne sont pas mentionnés.

Une autre théorie considère l'hypocorde comme la connexion éti-

rée de la corde avec l'archentéron. La coextension avec la corde serait ainsi expliquée, mais l'absence d'hypocorde chez *Amphioxus* est alors une anomalie et une objection sérieuse.

L'interprétation comme reste du tube digestif lui-même s'applique très bien à la région caudale et à tous les points difficiles dans la théorie de Maurer; en revanche, les portions moyenne et antérieure lui sont fort gênantes.

Les trois théories sont vraies à la fois et en les combinant on peut arriver à une explication fort plausible de tous les phénomènes. Il n'y a pas de doute sur l'exactitude de l'interprétation pour la région caudale comme le tube digestif lui-même. L'hypothèse de Maurer pour la région antérieure, quoique ressortant moins nettement des faits, est cependant fort probable aussi. Déjà, avec ces deux, nous expliquons beaucoup de faits. Chez les Tuniciers, il y a une région caudale post-anale, mais la gouttière épibranchiale est encore en service; il ne peut donc y avoir une hypocorde céphalique ou truncale, mais il y aura une hypocorde caudale. Chez *Amphioxus*, il n'y a pas de région caudale, la gouttière épibranchiale aussi est encore fonctionnelle; par conséquent, il n'y aura rien du tout; il faudrait chercher, dans la courte région post-anale, où la structure serait confondue avec le canal neurentérique. Chez les Craniotes, il y a une région caudale post-anale, plus de gouttières pharyngiennes et par conséquent une hypocorde en avant et en arrière.

Seulement, il y en a aussi au milieu, réunissant les deux en une pièce continue. Voici comment la théorie de la connexion d'évagination peut intervenir ici. Supposons la gouttière épibranchiale, par défaut d'usage, transformée en hypocorde, et considérons un stade larvaire où l'hypocorde, déjà isolée en avant, se confond encore en arrière avec des parties indifférenciées du feuillet endodermique. La corde, déjà libre en avant, sera encore rattachée à l'archentéron par un étranglement, et il est élair que c'est précisément contre cette connexion que viendra buter l'hypocorde. Si maintenant on admet que, par suite de cette continuité avec un organe qui se conserve, quelques-unes des premières cellules de la connexion, au lieu de s'adjoindre, soit à la corde, soit à l'intestin, restent dans le rang avec les cellules de l'hypocorde, on aura en réalité donné une explication fort plausible de l'accroissement de l'hypocorde d'avant en arrière. Mais l'hypocorde caudale est exactement dans les mêmes conditions en arrière et elle aura empiété d'arrière en avant. L'hypocorde des Cra-

niotes serait donc une structure morphologiquement hétérogène, pour laquelle une homologation unique était impossible et ne pouvait produire que la confusion.

Amphioxus a divergé du premier stade entéropneuste, par l'adoption d'une vie mi-arénicole, mi-nageuse; l'adaptation organique s'est spécialement faite pour la natation et a amené des similitudes avec les Tuniciers; mais l'homogénéité organique du ver allongé, point de départ, a eu pour effet la généralisation de la modification ou notocordie. La compréhension de la spécialisation d'une région caudale post-anale est facilitée par une bonne théorie de l'hypocorde transitoire.

27. — *Position réelle d'Amphioxus.*

C'est une chose admise par tout le monde que le caractère dégénéré d'*Amphioxus* ; les opinions ne varient que sur le degré de dégénérescence. L'opinion extrême, celle qui veut les dériver de vrais Gnathostomes ayant perdu les mâchoires et les dents, les membres pairs, les organes des sens, ne rencontre pas beaucoup de partisans dans toute sa rigueur. Mais on est généralement d'accord pour considérer tout au moins l'absence d'organes sensoriels spécifiques cérébraux, et notamment l'absence d'otocystes et d'yeux, comme étant la conséquence de la perte secondaire de ces organes, par suite du genre de vie arénicole. La question a encore été discutée récemment (mais d'une façon fort sommaire) par Kupffer, dans le grand traité d'Embryologie de Hertwig, en cours de publication. Kupffer dit (*Morphogenie des Centralnervensystems*, p. 11) : « Parmi les caractères particuliers de l'*Amphioxus* figure la pauvreté en organes sensoriels. Il manque des organes visuels et un organe correspondant au labyrinthe des Craniotes complètement. L'organe olfactif est faiblement développé; les fibres nerveuses s'y rapportant sont en nombre minime. Cette pauvreté doit avec grande probabilité être attribuée à des régressions phylogéniques, lesquelles ont aussi agi comme causes pour réduire le cerveau. Il ne serait pas justifié de considérer *Amphioxus* comme le prototype des Acraniens, au point de vue des organes sensoriels manquants. On doit plutôt admettre qu'à la base du groupe des Vertébrés, il y a eu des formes proches de l'*Amphioxus*, mais plus richement équipées. On trouve, en effet, des organes visuels et des otolithes chez les Tuniciers. »

Quand on prend comme point de comparaison les Craniotes, la dégénérescence est une conclusion pour ainsi dire inévitable. Mais cette méthode de comparaison est une faute de logique. Ce n'est pas du côté des formes plus parfaites, *a priori* phylogéniquement ultérieures, qu'il faut regarder, mais bien du côté des formes plus simples, qui ont pu être des ascendants. Quand, de ce côté, on ne trouve aucune indication de parenté, alors seulement on peut prendre en considération la dérivation possible de formes plus parfaites, avec régression. Pour *Amphioxus*, à la fois les Craniotes plus parfaits et les Tuniciers plus simples sont beaucoup mieux fournis d'organes sensoriels. L'hypothèse d'une dégénérescence paraît donc tout ce qu'il y a de plus justifié.

La question change de face si les Tuniciers ne sont plus dans la ligne directe d'ascendance de l'*Amphioxus*, car alors ils deviennent irrelevants. En leur lieu et place, les vrais ancêtres doivent entrer en considération. Si l'on part des Entéropneustes dépourvus d'yeux et d'otocystes, sans organes olfactifs connus, avec un système nerveux encore épidermique, *Amphioxus*, loin d'être un dégénéré, montre au contraire des perfectionnements si considérables, qu'ils masquent même quelque peu les relations, pourtant fort étroites, de parenté. Toutes ces modifications sont déjà indiquées et ébauchées chez les Entéropneustes, notamment les plus typiques : la constitution d'une moelle dorsale, par un procédé d'invagination identique à celui d'*Amphioxus* (larve Tornaria de Ritter) et la tendance à cordifier l'intestin. Les modifications chez *Amphioxus* sont donc, non de principe, mais de degré ; et leur plus grande intensité se comprend clairement comme une adaptation à une plus grande énergie natatoire.

Si des organes des sens avaient été perdus, après avoir acquis chez les ancêtres un certain développement, on pourrait s'attendre à en retrouver au moins quelques traces dans l'ontogénie ; un tel rappel n'est pas une loi absolue, mais est pourtant dans les probabilités. Or, il n'en est rien. Toutes les structures qu'on trouve dans la vésicule cérébrale d'*Amphioxus* sont fort simples, sans qu'il y ait le moindre indice permettant de considérer cette simplicité comme secondaire et non comme primitive. Mais il y a une structure où le caractère primitif n'est pas douteux : les appareils oculaires dans la moelle, décrits par Hesse. Ils sont certainement déjà assez bien spécialisés, étant composés chacun de deux cellules et ayant une orientation toute particulière et bien définie ; mais ils indiquent à coup sûr une photosensi-

bilité générale de la moelle. Il est plus que probable que cette sensibilité générale a été perdue lors de la constitution des yeux pairs cérébraux; dans l'hypothèse d'une perte ultérieure des yeux cérébraux par dégénérescence, *Amphioxus* aurait dû acquérir à nouveau cette ancienne faculté. C'est là une hypothèse inadmissible, car elle va à l'encontre du principe bien établi de l'irréversibilité de l'évolution.

L'organisation de la vésicule cérébrale de l'*Amphioxus* n'a que des rapports généraux et vagues avec celle des Tuniciers; les homologies qui devraient pourtant exister si les deux groupes sont aussi voisins qu'on le dit, n'ont jamais été signalées avec quelque détail. Par contre, il y a, malgré la simplicité de l'*Amphioxus*, identité de plan avec l'encéphale des Vertébrés. Kupffer insiste sur ces ressemblances; il admet une régression pour les organes sensoriels, mais pour tous les autres points, il admet que la simplicité est originelle et primitive et que nous avons dans le cerveau de l'*Amphioxus* un document de la plus haute valeur, le type d'où l'organisation supérieure des Vertébrés est partie.

La dégénérescence de l'*Amphioxus* résulte moins des faits en eux-mêmes que de la parenté supposée avec les Tuniciers; par rapport aux Entéropneustes, il est au contraire perfectionné par adaptation à une vie plus active; la photosensibilité générale de la moelle est un caractère d'extrême simplicité primitive; la structure du cerveau, comme celle de la plupart des autres organes, est le type primitif peu altéré de l'organisation des Vertébrés.

M. *Rousseau* montre un appareil qu'il a fait construire pour la récolte des Protozoaires fixés sur les feuilles des plantes immergées et consistant en un tube de cristal attaché à un bâton de longueur voulue. Dans le tube se meut un piston que l'on actionne à l'aide d'une corde que l'on tire à soi parallèlement au bâton. Suivant la délicatesse des organismes à recueillir, on provoque une aspiration plus ou moins rapide.

La séance est levée à 6 heures.

Séance du 5 novembre.

PRÉSIDENCE DE M. DAUTZENBERG.

La séance est ouverte à 4 $^1/_2$ heures.

Le Secrétaire général annonce le décès de David-Fried. Heynemann, survenu à Francfort le 15 octobre dernier, à l'âge de 75 ans. Le défunt fonda la Société Malakozoologique allemande, dont il était le président. Il était membre correspondant depuis 1872.

Correspondance.

La Société d'Histoire naturelle d'Autun annonce le décès de son président, M. Bernard Renault, assistant au Muséum de Paris. (*Condoléances.*)

Bibliothèque.

DONS DES AUTEURS :

J. Cornet : *L'orientation des vallées dans le bassin de l'Escaut* (EX : BULL. SOC. DE GÉOGR.; Bruxelles, 1904). — *Le Victoria-Nyanza est-il un « Reliktensee » ?* (EX : MOUV. GÉOGR.; Bruxelles, 1904). — *Sur la signification morphologique des collines des Flandres.* — *La Meuse ardennaise* (EX : BULL. SOC. BELGE DE GÉOL.; Bruxelles, 1904).

G. Dewalque : *Une collection de marbres exploités aux Pays-Bas vers le milieu du dix-huitième siècle.* — *Le nivellement de précision de la Belgique. Rectification* (EX : ANN. SOC. GÉOL.; Liége, 1904).

G.-F. Dollfus et Ph. Dautzenberg : *Conchyliologie du Miocène moyen du bassin de la Loire : I. Pélécypodes (suite)* (EX : MÉM. SOC. GÉOL. DE FRANCE; Paris, 1904, in-4°, 5 pl.).

Des remerciements sont votés aux donateurs.

DÉPÔT :

Le Secrétaire général dépose un exemplaire du tome XXXVIII (1903) des *Annales*, paru le 31 octobre.

Communication du Conseil.

M. Fritz Steinmetz, avocat à Malines, a été reçu membre effectif sur la proposition de MM. Lameere et Kemna.

Communications.

INTRODUCTION DU GROUSE EN BELGIQUE,

Par M. DE CONTRERAS.

L'acclimatement en Belgique du Grouse ou Lagopède d'Écosse est chose faite actuellement et nous dirons même que cette entreprise a réussi au delà de toute espérance ; nous avons cru que l'historique de cette introduction serait de nature à intéresser les membres de la Société et pour être bien renseigné nous nous sommes adressé à l'importateur lui-même, notre ami M. A. Barry-Herrfeldt. Voici ce qu'il nous a très obligeamment répondu :

« Spa, le 18 octobre 1904.

« Cher Monsieur,

« J'ai bien reçu votre très aimable lettre du 3 courant, à laquelle je n'ai, à mon grand regret, pu répondre plus tôt, ayant été absent tous ces jours-ci. C'est avec plaisir que je satisfais à votre demande, en espérant que ma réponse n'arrivera pas trop tard et que les quelques renseignements que je puis vous donner vous seront utiles.

« J'avais en 1889 une chasse à Hockay-Xhoffraix et s'étendant jusqu'à la Baraque Michel. En 1890, j'y plaçai vingt-quatre couples de Grouses (*brace*, en anglais). Voyant que ces oiseaux restaient dans la fagne, je me fis à différentes reprises expédier encore quelques couples d'Angleterre, au fur et à mesure qu'ils étaient pris là-bas, en tout une trentaine.

« Ces Grouses venaient du Yorkshire ; ils sont plus forts que ceux d'Ecosse.

« Les premiers m'étaient arrivés en très mauvais état. Je constatai bientôt que la cause en devait être attribuée au manque d'emballage et aussi à la traversée de la mer par mauvais temps.

« Pour remédier aux inconvénients résultant du manque d'emballage, je fis construire des caisses partagées en deux parties latérales, chaque partie se composant de six compartiments, dont chacun contenait un Grouse. Depuis lors, j'eus la satisfaction de voir arriver mes oiseaux en bon état.

« Je vous ferai remarquer en passant que l'exportation de ces oiseaux est seulement permise en Angleterre du 12 août au 12 décembre.

« Je me suis fait envoyer pour la dernière fois vingt-quatre couples en 1892. A cette époque, le Grouse me revenait à une livre le couple, frais de transport jusqu'à Spa compris. Aujourd'hui, le prix a augmenté sous l'influence du grand nombre de demandes faites d'Allemagne.

« Quelques années plus tard, j'ai reçu des Grouses de Russie, qui se sont fort bien accouplés avec les autres. Ils se distinguent de ces derniers par leur plumage, lequel en Russie devient tout blanc en hiver.

« J'avais, pendant l'hiver, placé ces Grouses de Russie dans une grande volière située dans mon parc. Au printemps, les coqs se battaient avec une telle fureur — nous avions même trouvé des morts dans la volière — que je me vis obligé de n'en conserver qu'un seul, avec deux poules. Celles-ci ont couvé en volière, chance dont je crois être le seul à pouvoir me vanter. Malheureusement, après l'éclosion des œufs, les deux mères étaient toutes paralysées ; il était impossible de les soigner ; elles périrent d'épuisement et les petits ne tardèrent pas à succomber.

« A ce que je sache, la Haute-Fagne est le seul endroit en Belgique où le Grouse se rencontre. Il lui faut les grandes plaines couvertes de bruyères, et de préférence celles où les bruyères sont coupées annuellement — car le Grouse est très friand de jeunes pousses. Il ne veut pas de pays trop boisés, où la haute forêt constitue un obstacle à son vol.

« Actuellement les Grouses sont très répandus dans ces environs, surtout dans l'Hertogenwald, l'Eifel et à Jalhay. Leur nombre toutefois serait difficile à évaluer. Cette année on en a tiré beaucoup à la Baraque Michel, où on les voyait par troupes près de la route. Une preuve de leur abondance, c'est qu'à Jalhay une chasse valant jadis 400 francs a été louée 4,700 francs à un amateur de Paris ; d'autre part, les gardes royaux allemands sont allés à Xhoffraix pour prendre des renseignements précis sur ces oiseaux.

« Le Grouse est protégé par la loi en Belgique et en Allemagne ; il se trouve mentionné sur le port d'armes allemand au même titre que la perdrix et le faisan.

« Je vous ai déjà dit qu'il habitait de préférence la plaine où,

avant d'aller se coucher — ce qu'il fait de bonne heure —, il peut prendre un vol très étendu. Il choisit aussi un sol assez riche en eau et quartzeux. Il avale les petites pierres de quartz, qui semblent servir à faciliter sa digestion. Ayant un jour ouvert l'estomac d'un Grouse, j'y trouvai de menus morceaux de quartz. Aussi, quand je tenais les Grouses de Russie en captivité, je veillais à ce qu'ils eussent toujours de ces pierres à leur portée et, en outre, j'avais planté des bruyères dans la volière.

« Ils prennent la même nourriture que le Coq de bruyère; je leur donnais également du sarrasin gris et du sorbier.

« La poule couve assez tôt; nous avons déjà trouvé des nids éclos le 27 mai. Beaucoup de ces oiseaux couvent deux fois. Le nombre des œufs est ordinairement de sept ou huit; le maximum que j'ai connu était dix.

« Pour finir, je vous dirai que des amis ont essayé d'introduire le Grouse dans la Westphalie. Leur tentative a échoué : les Grouses étaient tous arrivés malades. Je n'ai pas entendu parler d'autres essais.

« L'empereur d'Allemagne a fait également une tentative, mais je n'en connais pas le résultat. Il a reçu, par l'intermédiaire de son forestier, à peu près deux cents couples, pour être lâchés aux environs de Kœnigsberg.

« Quant à moi, mes divers essais, dont je puis être satisfait, m'ont coûté près de 300 livres sterling, voyages et frais compris.

« Veuillez agréer, etc.

« A. Barry-Herrfeldt. »

Cette lettre nous apprend que le Lagopède blanc a été également introduit dans les Hautes-Fagnes, mais l'immuable loi du mimétisme n'a pas fait exception pour cet oiseau, qui, dans nos contrées, ne se pare plus en hiver de son blanc manteau et y conserve son plumage sombre de l'été. Devant cette preuve incontestable, il devient impossible de nier que le Lagopède d'Écosse et le Lagopède blanc ne forment qu'une seule et même espèce, l'un étant une variété climatérique de l'autre.

C'est donc grâce à la ténacité de M. A. Barry-Herrfeldt et aux sacrifices qu'il s'est imposés que nos chasseurs peuvent goûter la joie d'inscrire assez fréquemment sur leurs carnets quelques Grouses, trophées faisant toujours honneur à l'adresse du tireur. En outre, la

réussite de l'introduction de ce gibier a fait monter considérablement la valeur locative des territoires de chasse des Hautes-Fagnes, à l'encontre de ce qui arrive ailleurs de nos jours, grâce à la crainte de devoir payer aux paysans le double des dommages causés souvent par des lapins... imaginaires, mais faciles à exploiter!

Quoi qu'il en soit, il nous semble que le pays doit se montrer reconnaissant envers M. A. Barry-Herrfeldt. Nous apprenons à l'instant que celui-ci s'occupe pour le moment de réacclimater le Grand Tétras (*Tetras Auerhahn*) : l'entreprise, quoique difficile, n'est pas irréalisable, cet oiseau ayant déjà vécu à l'état sauvage sous notre latitude ; mais son esprit vagabond le pousse toujours à la recherche de forêts plus vastes que celles qu'il trouve chez nous. En tout cas, nous souhaitons de grand cœur pleine et entière réussite à cette intrépide initiative.

La séance est levée à 6 heures.

Séance du 6 décembre.

Présidence de M. Dautzenberg.

La séance est ouverte à 4 heures.

M. le baron van Ertborn fait excuser son absence.

Correspondance.

Le Comité géologique de Russie fait part du décès de son Géologue en chef M. A. Michalski. (*Condoléances.*)

Bibliothèque.

Dons des auteurs :

J. Cornet : *Études sur l'évolution des rivières belges* (Ex : Ann. Soc. Géol. de Belg.; Liége, 1904).

G. Simoens : *Réponse aux critiques formulées par M. Em. de Margerie au sujet de la « Bibliographia geologica »* (Bruxelles, 1904).

Des remerciements sont votés aux donateurs.

Communications.

QUELQUES CONSIDÉRATIONS SUR L'OKAPI,

Par L.-F. DE PAUW.

Quand on compare le squelette de l'Okapi avec les squelettes d'animaux qui ne possèdent qne deux doigts à chaque patte, tels que les Lamas, les Chameaux et les Girafes, on remarque que ce squelette n'en possède également que deux et que les insertions des muscles sont à peu près les mêmes; toutefois, ils ressemblent le plus à ceux de la Girafe, toutes proportions gardées. Le squelette de l'Okapi réunissant les mêmes conditions que ceux des animaux susmentionnés qui marchent tous à l'amble, il est tout naturel de réunir l'Okapi dans le même groupe et de le faire marcher également à l'amble (fig. 1).

En examinant le crâne que j'ai l'honneur de vous présenter, on est frappé par la particularité de sa forme allongée et étroite. De profil, on peut diviser ce crâne en trois parties égales : la première ou nasale, comprenant les intermaxillaires, les os nasaux et une partie de la mâchoire supérieure (dépourvue de dents); la seconde ou faciale, comprenant la mâchoire supérieure, garnie de douze dents, les orbites, les frontaux et les cornes chez les mâles; la troisième ou endocrâne, comprenant les pariétaux et les occipitaux.

La boîte cérébrale est pour ainsi dire dans l'endocrâne et sa partie antérieure est recouverte par une partie des frontaux, c'est-à-dire que l'os criblé ou ethmoïde se trouve dans l'extrémité du frontal.

Les maxillaires inférieurs ont aussi une forme très particulière; ils sont très allongés, peu hauts, avec une longue symphyse (portant six incisives et deux canines) et garnis chacun de six dents (prémolaires et molaires); leurs condyles sont très faibles et les apophyses coronoïdes très développées, arquées et recourbées en arrière.

La mâchoire inférieure mesure les huit dixièmes de la longueur totale du crâne.

Les cornes chez les mâles sont des ossifications épidermiques; on pourrait les nommer des épiphyses du frontal. Ces épiphyses prennent naissance entre le trou susorbitaire et l'extrémité du frontal, qu'elles ne quittent plus et sur lesquelles elles se soudent de plus en plus à mesure que l'animal devient plus adulte.

Dans le crâne du squelette d'animal adulte exposé au Musée du jardin de la Société royale de zoologie d'Anvers, les cornes et les frontaux ne font plus qu'un même os sans apparence de soudure, et les sinus frontaux se sont continués jusque dans la corne (*voir* fig. 2).

Le crâne d'*Okapia Johnstoni* femelle que j'ai sous la main mesure 47 centimètres à partir des os incisifs jusqu'aux condyles occipitaux.

Fig. 1.

En traçant une ligne droite partant des incisifs et arrivant au milieu des condyles occipitaux, l'on suit la partie non dentée, la base de l'orbite, l'articulation temporale et on traverse le trou auriculaire, ce qui prouve que l'oreille doit être placée assez bas, à hauteur de l'œil et à la naissance du cou. Cette ligne divise le crâne en deux parties : la supérieure, comprenant les intermaxillaires, les os nasaux, les frontaux, les pariétaux, les temporaux et une partie de l'occipital; la partie inférieure, comprenant la voûte du palais, les dents,

les os palatins, les ptérigoïdiens et le basi-occipital, y compris la moitié des condyles. Les crêtes occipitales sont développées latéralement et forment ainsi deux lobes qui surplombent les condyles occipitaux qui donnent attache à des muscles très puissants; au centre de ces lobes, un évasement donne également attache au tendon.

Fig. 2.

La région cervicale est massive et disproportionnée par rapport au reste de la colonne vertébrale. L'axis, la crête neurale et la crête épineuse sont très puissants et donnent attache à des muscles très développés.

Le développement de la crête occipitale et la longueur de la mâchoire inférieure démontrent que le cou doit être reporté tout à fait en arrière du crâne, disposition qui facilite l'animal à se frayer un passage à travers les bois très épais, parce qu'elle lui permet de

rapporter l'axe antéro-postérieur de la tête dans la continuation de l'axe de la colonne vertébrale.

L'Okapi dans son milieu ambiant a dû se modifier.

Il habite les grands bois de l'Ituri et vit dans les grandes clairières qui occupent quelquefois des centaines d'hectares.

Lorsqu'il aperçoit quelqu'un, il est en fuite et court très rapidement en jetant ses pattes en dehors du même côté et rentre immédiatement sous bois où on le perd facilement de vue (l'articulation de l'humérus sur l'omoplate lui permet de décrire un angle ayant à peu près 45 degrés).

Il est bâti pour son milieu ambiant.

La tête est allongée et étroite, le scapulum et la largeur du bassin mesurent au point le plus distant 45 centimètres de diamètre, et cela chez un ♂ très adulte, comme on peut en juger sur la figure 1.

En entrant sous bois, il se glisse de droite et de gauche pour diminuer sa largeur et passe facilement entre des arbres distants de 30 à 35 centimètres.

Pour un animal de grande taille, ces mesures, en général, sont disproportionnées, comme on peut le remarquer sur les deux figures.

LES STRUCTURES CÉRÉBRALES DORSALES CHEZ LES VERTÉBRÉS INFÉRIEURS,

Par Ad. KEMNA.

1. Photosensibilité de l'*Amphioxus*. — 2. Taches pigmentaires. — 3. Structure et fonction des taches pigmentaires. — 4. Orientation des ocelles myéliques. — 5. Chevauchement latéral des groupes ocellaires. — 6. Multiplicité des ocelles. — 7. Nature morphologique des ocelles. — 8. Structures cérébrales de l'*Amphioxus*. — 9. La moelle des larves de *Bdellostoma*. — 10. Forme primitive de la moelle et ses causes. — 11. Structures cérébrales dorsales de *Bdellostoma*. — 12. Interprétation des structures de *Bdellostoma*; le plafond des vésicules cérébrales. — 13. L'épiphyse de *Bdellostoma*. — 14. Structures cérébrales dorsales de *Petromyzon*. — 15. Structures cérébrales dorsales des Gnathostomes. — 16. Tableau récapitulatif des modifications cérébrales chez les diverses formes. — 17. La photosensibilité du cerveau et la formation du crâne. — 18. Les yeux latéraux des Vertébrés.

1. — *Photosensibilité de l'Amphioxus.*

Le premier naturaliste qui eut l'occasion d'observer l'*Amphioxus* à l'état vivant, Gabriel Costa (1834), constata que l'animal était fort sensible à la lumière, qu'il semblait fuir. Cette photophobie si marquée ne laissa pas que d'intriguer Costa, à cause de l'absence de

tout organe visuel, et notamment des yeux pairs, caractéristiques des Vertébrés. Tous les auteurs subséquents ont confirmé ces observations de Costa sur la photophobie de l'animal. Willey qualifie de « indescriptible » l'agitation qui s'empare des occupants d'un aquarium, quand le soir, on entre dans la salle obscure avec une bougie allumée.

On a fait des expériences pour déterminer le siège de cette photosensibilité. Nagel (1896), ayant coupé quelques millimètres de l'extrémité antérieure, vit les animaux ainsi décapités, réagir tout comme les autres : la dilatation cérébrale avec la tache pigmentaire dans la lame terminale, ne joue donc qu'un rôle fort secondaire dans la perception de la lumière, puisque l'enlèvement de cette vésicule cérébrale semble ne diminuer en rien la photosensibilité. Des individus ont été coupés en deux vers le milieu du corps; les deux tronçons montraient la même sensibilité et réagissaient encore promptement à la lumière.

Déjà en 1888 Krause avait attribué la vision de l'*Amphioxus* à la présence dans les cellules du canal central de la moelle, c'est-à-dire les cellules épendymaires, d'une substance chimique photosensible, qu'il nomme « Sehblau » ou bleu visuel; cette substance existerait surtout dans la moitié postérieure ou caudale de la moelle. Les observations de Nagel ne cadrant pas bien avec ces opinions, Krause (1897) a repris les expériences. Chez les animaux coupés en deux, il trouve que la moitié antérieure réagit à peine, tandis que la moitié postérieure est fort sensible. Il a aussi promené le foyer lumineux d'une lentille le long du corps d'animaux entiers; la réaction musculaire ne se manifeste sérieusement que lorsque le foyer atteint le milieu du corps, quand on est parti de l'extrémité antérieure. Le bout de la queue est de nouveau insensible. Ces expériences de Krause confirment donc sa théorie du bleu visuel, surtout localisé dans la moitié caudale de la moelle.

Hesse (1898) a étudié spécialement les taches pigmentaires qui se trouvent dans le plancher de la moelle, en nombre plus considérable dans la moitié antérieure ou cranienne du corps. Il a également fait des expériences. Il a constaté la photosensibilité d'animaux décapités, c'est-à-dire privés de leur vésicule cérébrale. Coupés en deux, la moitié antérieure, sous l'influence de la lumière, est affectée de tremblements spasmodiques (*krampfhafte zitternde Bewegungen*), mais la moitié caudale reste tranquille.

Ainsi pour Nagel, les deux moitiés sont également sensibles; pour Krause, la moitié caudale est beaucoup plus sensible; pour Hesse, c'est au contraire la moitié crânienne. Le désaccord portant sur les faits observés eux-mêmes et non sur leur interprétation, il n'y a pas moyen de décider entre les divers auteurs. Sans aucune intention de critique, on peut cependant remarquer la singulière coïncidence qui fait que les expériences de Krause et celles de Hesse, sont juste ce qu'il faut pour cadrer avec leurs théories.

Ces différences sont d'ailleurs secondaires; les faits essentiels et hors de doute peuvent se formuler comme suit :

Malgré l'absence d'organes visuels spécialisés et localisés, comparables morphologiquement aux yeux pairs des Vertébrés, l'*Amphioxus* est fortement photophobe; la vésicule cérébrale avec sa tache pigmentaire ne joue qu'un rôle très accessoire; la photosensibilité réside dans des régions étendues du tronc.

2. — *Taches pigmentaires.*

L'*Amphioxus* présente un grand nombre de taches pigmentaires, bien visibles à un assez fort grossissement. Le renflement antérieur de la moelle ou la vésicule cérébrale a une grande tache pigmentaire dans sa lame terminale sous le neuropore; il semble y avoir dépôt de granules pigmentés dans le protoplasme d'un certain nombre de cellules de la paroi de la vésicule, ces cellules ne subissant pas d'autres modifications.

A la hauteur du troisième segment musculaire, il y a dans le plancher de la moelle, de chaque côté, deux taches. Dans les segments suivants, le nombre de ces taches s'accroît et vers le milieu du corps, il y en a environ vingt-cinq par segment et de chaque côté. A partir du milieu du corps, leur nombre diminue; à la hauteur des segments musculaires postérieurs, il n'y a plus qu'une seule tache par segment, et même il y a des segments dépourvus de tache. Il y a à retenir trois faits importants : 1° ces taches sont fort nombreuses; 2° ces taches sont dans la paroi même du centre nerveux, c'est-à-dire intra-myéliques; 3° ces taches sont surtout nombreuses dans la région moyenne du tronc; leur nombre diminue en avant et la partie antérieure de la moelle en est dépourvue.

Les taches pigmentaires sont dans l'épaisseur de la substance

médullaire près de la dilatation inférieure du canal épendymaire. Elles sont disposées en trois rangées longitudinales, une directement sous le canal et une latérale de chaque côté du canal, à un niveau un peu plus élevé. Les deux rangées latérales ne sont pas continues, mais fractionnées en groupes, correspondant aux segments musculaires ou myomères, et comme les myomères des deux côtés du corps ne sont pas opposés, mais alternes, les groupes de taches pigmentées, qui suivent les myomères, participent à ce chevauchement d'une moitié du corps sur l'autre.

Ontogéniquement, la première tache qui apparaît chez la larve, à un stade encore fort jeune, se trouve vers le cinquième segment musculaire; peu de temps après, se montre le pigment dans la lame terminale de la vésicule cérébrale; puis se forment les taches dans les autres segments.

L'*Amphioxus* a une tache pigmentaire dans la lame terminale de la vésicule cérébrale, et à partir du troisième myomère, des groupes de taches dans le plancher de la moelle, arrangés métamériquement en concordance avec les myomères et affectés comme eux par le chevauchement latéral; les taches sont les plus nombreuses dans la région moyenne du tronc.

3. — *Structure et fonction des taches pigmentaires.*

Du moment qu'il y a pigment, on songe tout naturellement à des organes visuels, et c'est de cette façon que ces organes ont été généralement interprétés. Nagel a fait remarquer que c'est là quelque peu une idée préconçue; beaucoup de faits démontrent qu'il peut y avoir photosensibilité sans pigment; il y aussi des cas où, manifestement, le pigment joue un autre rôle que celui de photosensibilité ou d'adjuvant à un organe visuel. Tout en concédant cela, il n'en est pas moins vrai que le plus souvent le pigment, surtout le pigment noir, est lié à la fonction visuelle. L'interprétation dépend, en grande mesure, de la structure de l'organe avec lequel le pigment se trouve associé.

On peut se figurer les choses comme suit : le protoplasme primitif homogène était vaguement photosensible dans toutes ses parties. Les stades successifs de l'évolution de cette photosensibilité auront été : 1° formation de pigment, intensifiant la sensibilité pour certains rayons (pigments colorés) ou pour tous (pigment noir) ; répartition

diffuse du pigment ; 2° localisation du pigment diffus dans des régions délimitées ; 3° localisation du pigment dans des cellules déterminées, collaborant avec des cellules nerveuses pour former des organes visuels composés.

La tache de la lame terminale de la vésicule cérébrale peut être considérée comme étant au deuxième stade : un certain nombre de cellules renferment du pigment, mais toutes ces cellules sont semblables entre elles et ne semblent pas en rapport de collaboration avec d'autres cellules différemment organisées. Dans les traités généraux, cette tache est d'ordinaire considérée comme l'organe visuel principal ; par exemple dans la *Zoologie concrète* de Delage et Hérouard (p. 106). Cette tache se trouve dans la partie de la vésicule cérébrale qui deviendra chez les Craniotes le cerveau terminal ou télencéphale et qui forme par évagination les yeux pairs. Mais quand on s'en tient à l'*Amphioxus*, l'importance physiologique de cette tache est fort minime ; c'est le seul point concordant dans les diverses expériences sur la photosensibilité de l'animal. La faible intensité fonctionnelle de la tache cérébrale peut être mise en rapport avec son stade de faible différenciation morphologique.

Les taches pigmentaires de la moelle ont été soigneusement étudiées par Hesse. Chaque tache est formée par une cellule complètement remplie de pigment, de sorte que l'on discerne difficilement le noyau. Cette cellule est évidée comme une cupule de gland de chêne ; elle a donc, sur la coupe, la forme d'un croissant. Ce croissant est régulier et symétrique, c'est-à-dire que les deux cornes sont également développées chez les cellules de la rangée médiane, juste sous le canal épendymaire. Pour les rangées latérales, les croissants sont asymétriques, l'une des cornes étant généralement beaucoup plus longue que l'autre. Dans le creux de la cupule se trouve logée une autre cellule, d'assez grande dimension, avec un noyau bien visible, le protoplasme hyalin étiré du côté libre en une fibre.

L'interprétation de ces faits n'est pas douteuse ; nous avons ici des organes identiques aux yeux de beaucoup d'Invertébrés ; Hesse mentionne spécialement la ressemblance avec les ocelles des Turbellariés polyclades ; il est donc plus que probable que chez *Amphioxus* également, ces appareils sont les organes de la photosensibilité. La grande cellule hyaline est l'élément réceptif, la fibre qui en part est un nerf centrifuge, la cellule pigmentée est l'élément accessoire ordinaire d'un appareil de vision. Il importe de remarquer que chaque appa-

reil se compose de deux cellules fort différentes : la pigmentée et la nerveuse. C'est un stade d'évolution morphologique supérieur à la simple diffusion du pigment dans les cellules cérébrales; aussi les ocelles myéliques sont-ils beaucoup plus sensibles, c'est-à-dire beaucoup plus parfaits fonctionnellement, comme le démontrent nettement les expériences.

La tache cérébrale est du pigment diffus dans des cellules non modifiées; les taches myéliques sont composées d'une cellule pigmentée cupuliforme, contenant une cellule nerveuse étirée en fibre; cette structure est identique aux ocelles de beaucoup d'Invertébrés.

4. — *Orientation des ocelles myéliques.*

Des trois ocelles généralement visibles sur une coupe transversale de la moelle, celui du milieu, situé exactement sous la dilatation en canal de la fente épendymaire, a l'ouverture de sa cupule pigmentée tournée vers le bas ; le croissant est à convexité supérieure et à concavité inférieure. Il a déjà été dit que ce croissant est symétrique, ses deux cornes ayant la même longueur.

La cupule de l'appareil de droite est orientée aussi vers le bas; mais son bord interne, celui du côté du canal épendymaire, est beaucoup plus long que le bord externe. Par suite du faible développement ou de l'échancrure de ce bord externe, cet appareil regarde obliquement en bas et à droite.

L'ocelle latéral gauche a sa cupule ouverte en haut; la paroi interne ou droite de la cupule est beaucoup plus courte; de sorte que l'appareil regarde obliquement en haut et à droite.

Ces dispositions fort curieuses ont été vues au moins par deux auteurs avant Hesse, mais sans que leur attention s'y soit arrêtée; ces travaux doivent avoir échappé à Hesse, car il ne les mentionne pas. Dans le mémoire bien connu de Joseph sur le squelette axial de l'*Amphioxus* (*Zeitschrift für wiss. Zoologie*, 1895), la figure 13, planche XXIX, montre autour du canal épendymaire, trois croissants pigmentés : celui de gauche (droite de la figure), regardant obliquement en haut, est tout à fait typique; les deux autres ne sont pas orientés exactement d'après les indications de Hesse; il y a peut-être erreur du dessinateur; mais il est plus que probable qu'il y a réellement des irrégularités et des écarts. Le texte du mémoire est muet, et

même dans l'explication des planches ces structures ne sont pas mentionnées.

Le second travail est le mémoire de Heymans et van der Stricht couronné par l'Académie de Belgique en 1896, mais publié seulement en 1898. La figure 45, planche IX, montre les trois cellules avec leurs cupules, typiquement orientées. Dans le texte (p. 53) les auteurs parlent de ces cellules comme de cellules ganglionnaires ordinaires, dont une partie s'est chargée de pigment; ils n'ont pas vu qu'il y avait deux cellules collaborant pour former chaque appareil.

Comme emplacement, les ocelles sont symétriquement disposés, puisqu'il y en a un sur la ligne médiane et un de chaque côté; mais les cornes gauches des cupules latérales étant beaucoup plus longues que les cornes droites, toutes les cupules latérales, tant celles de gauche que celles de droite, regardent à droite; l'animal louche à droite de tous ses yeux latéraux.

Hesse s'est naturellement demandé quel pourrait être le but et la cause d'un dispositif si étrange, qui rend des organes topographiquement symétriques, fonctionnellement asymétriques. Il a songé au fait que l'*Amphioxus* au repos *sur* le sable ne peut pas se maintenir en équilibre comme les poissons ordinaires, mais se couche sur le flanc. Si l'animal se couchait beaucoup plus souvent sur le flanc gauche, l'orientation à droite des ocelles se comprendrait comme une adaptation à une attitude, un cas analogue à l'asymétrie des yeux des Pleuronectes.

Plusieurs années auparavant, Willey avait fait le même raisonnement pour l'asymétrie à gauche de la plupart des orifices : bouche larvaire, anus et fossette olfactive (ancien neuropore) de Kœlliker. Seulement, pour dégager ces orifices tous situés à gauche, c'est sur le côté droit que l'animal aurait dû se coucher. Les observations concordantes de Willey et de Hesse montrent que l'animal se couche fort exactement autant de fois sur le côté droit que sur le côté gauche.

Les ocelles myéliques sont topographiquement symétriques autour du canal épendymaire; mais la plus grande longueur des bords gauches des cupules pigmentées latérales les fait regarder à droite, sans que cette asymétrie fonctionnelle puisse être mise en relation avec une attitude habituelle de l'animal.

5. — *Chevauchement latéral des groupes ocellaires.*

Si l'on prend comme point de départ le chevauchement des masses musculaires, pour une cause quelconque encore indéterminée, ce chevauchement initial doit entraîner des déplacements analogues dans d'autres organes. On comprend, par exemple, le déplacement des nerfs moteurs innervant les muscles ; aussi celui des nerfs sensoriels, qui doivent suivre les cloisons inter-musculaires pour arriver à la peau ; on comprend même l'alternance des amas de cellules ganglionnaires dans la moelle, où ces nerfs ont leur origine. Tous ces organes sont connexes, comme étant les diverses parties d'un seul grand système physiologique. Les nécessités de la locomotion natatoire rapide ont imposé la fragmentation des masses musculaires latérales en segments métamériques et cette segmentation a retenti sur les nerfs sortant de la moelle ; c'est un caractère général des Vertébrés, parce que c'était une adaptation du progéniteur à un genre de vie. Chez *Amphioxus*, il y a quelque chose de tout particulier : le chevauchement de ces masses musculaires, et cette particularité aussi a retenti sur les nerfs.

Il est fort remarquable que le centre nerveux, la moelle, pas plus que le centre axial squelettique, la corde, soit si peu affecté par cette segmentation. Il y a bien une neuromérie, c'est-à-dire une métamérie des centres nerveux ; mais sa signification est encore fort douteuse ; la segmentation est faiblement indiquée, tout à fait absente chez *Amphioxus*. En dehors des cellules directement en rapport avec des nerfs, on peut donc admettre comme probable que les cellules propres de la moelle, celles qui agissent comme centres d'élaboration des sensations en mouvements réflexes, ne doivent pas nécessairement être diposées métamériquement. Ce raisonnement s'applique tout spécialement aux ocelles, car il n'y a aucun rapport direct entre les masses musculaires et des organes photosensoriels.

Mais ce raisonnement est certainement inexact, car les ocelles, non seulement sont groupés métamériquement, mais même suivent le chevauchement. Il n'y a pas de doute que topographiquement ils sont sous la dépendance des segments musculaires et nous émettons l'hypothèse que fonctionnellement, ils sont aussi en rapport tout à fait direct avec les muscles ; ils perçoivent l'excitation lumineuse et la transforment immédiatement en un réflexe musculaire, sans intercalation d'une cellule centrale médullaire. Un tel relai est nécessaire

pour les impressions tactiles, la cellule sensitive devant occuper une situation superficielle; mais pour un organisme transparent, une cellule photosensible peut occuper une situation profonde, peut être une cellule même de la moelle et alors une deuxième cellule intercalée devient une superfétation. Pour autant qu'on puisse raisonner par analogie avec ce qui se passe chez les Vertébrés supérieurs, la lumière qui frappe la tache pigmentaire cérébrale parvient à la conscience de l'animal, en vertu des fonctions psychiques du cerveau; la lumière qui frappe les ocelles myéliques, en vertu des fonctions spéciales de la moelle comme centre inconscient des réflexes, se traduira directement par une contraction des muscles. Dans cette conception, les ocelles sont aussi connexes que les ganglions moteurs ou les nerfs, avec les muscles, et l'on conçoit qu'ils suivent les allures des segments musculaires; on comprend leur multiplicité dans les segments moyens du tronc, plus essentiellement moteurs, leur rareté ou leur absence dans les segments antérieurs non moteurs.

Les groupes ocellaires myéliques suivent l'arrangement métamérique et le chevauchement des segments musculaires, parce que probablement ils doivent produire une action réflexe immédiate et inconsciente sur les muscles.

6. — *Multiplicité des ocelles.*

L'*Amphioxus* est un animal singulièrement équipé au point de vue sensoriel, surtout à cause de l'absence d'otocystes et de sa polyophtalmie.

Pour le cerveau, où s'élaborent les impressions fournies par les organes sensoriels spécifiques, et siège de l'individualité psychique, la concentration et la centralisation sont probablement d'un grand avantage. Les postes de réflexes, à action immédiate et pour ainsi dire automatique, n'ont pas besoin d'une pareille centralisation; ils travaillent d'autant mieux qu'ils sont plus éparpillés et plus proches des régions qu'ils commandent. Ces conditions sont réalisées par la multiplicité des ocelles.

Au premier abord, on ne discerne aucun lien logique entre la polyophtalmie et l'absence d'otocystes; mais il y a un certain nombre de faits tendant à établir une pareille relation.

Dans le groupe des Mollusques, les otocystes sont des organes normaux, répandus chez tous et qui figurent toujours dans l'équipement

du Pro-mollusque théorique. Les Chitonidés font exception : ils n'ont pas d'otocystes, mais en revanche il y a une multiplicité inouie d'organes sensoriels cutanés, les esthètes et surtout les yeux. Le cas est donc identique à celui de l'*Amphioxus* : surdité et polyophtalmie.

Les méduses des Polypes gymnoblastes ont des ocelles et sont dites Ocellates ; celles des Polypes calyptoblastes ont, ou des ocelles ou des otocystes, mais généralement ces deux sortes d'organes sont exclusifs les uns des autres. Quand il n'y a pas d'ocelles, il y a toujours des otocystes ; mais quand il y a des otocystes, il peut exceptionnellement y avoir des ocelles. Par suite de la symétrie radiaire, typiquement ces organes se répètent un certain nombre de fois ; mais il peut y avoir des modifications en plus ou en moins. La multiplicité est beaucoup plus fréquente et plus marquée pour les ocelles que pour les otocystes et plus spécialement chez les Méduses ocellates. Ici aussi, il y a donc une tendance bien nette à la polyophtalmie des formes sans otocystes.

Chez les larves de Tuniciers, il y a dans la vésicule cérébrale une tache pigmentaire, formant un œil bien différencié, car les cellules se groupent en une hémisphère creuse, renfermant dans sa cavité un cristallin. La plus antérieure des cellules pigmentées ne participe pas à la formation de cet œil, elle s'isole de ses voisines, émigre de la voûte de la vésicule vers le plancher, se pédonculise et constitue un otocyste. Comme il y a un otocyste, il n'y a pas de polyophtalmie. De par son mode de formation, cet otocyste est unique, non pair, et intracérébral, toutes particularités qui ne se retrouvent dans aucun autre groupe animal. Il y a aussi le fait que cet otocyste est une modification d'une partie de l'ébauche oculaire ; les Méduses présentent quelque chose de semblable, par la réunion, dans une même vésicule, d'otocystes et de taches oculaires.

On s'est demandé la raison de ces faits curieux. Delage a rendu fort probable que chez beaucoup d'animaux inférieurs le lithocyste sert non à l'audition, mais à l'équilibration ; ce serait non un otocyste, mais un statocyste, permettant à l'animal de savoir s'il monte ou s'il descend dans l'eau. Or, les yeux peuvent fournir le même renseignement. Les yeux et les statocystes seraient donc des organes vicariants (Delage), et même les yeux fourniraient un renseignement plus précis, en permettant de juger par l'intensité relative de la lumière, de l'épaisseur approximative de la couche d'eau superposée et de la rapidité du déplacement vertical. Mais cela n'explique pas pourquoi

l'absence d'otocyste amène la polyophtalmie, ce qui semble pourtant démontré par les Méduses et surtout par les Chitonidés.

La multiplicité des ocelles chez l'*Amphioxus* est probablement en rapport avec leur fonction réflexe et compensatrice de l'absence de statocystes.

7. — *Nature morphologique des ocelles.*

Les ocelles de l'*Amphioxus* ressemblent aux mêmes organes de beaucoup d'Invertébrés. Hesse, qui a signalé ces ressemblances, ne conclut pourtant pas à des relations de parenté ; dans la partie générale de ses études sur la vision des animaux inférieurs (1902), il considère les ocelles d'*Amphioxus* comme des formations indépendantes, sans antécédents phylogéniques. Il n'y a rien non plus qu'on puisse y rattacher chez les autres Vertébrés, même comme rappel dans leur développement ontogénique. *Amphioxus* n'a donc pas hérité ses ocelles d'un ancêtre et ne les a pas légués à des descendants; il les a constitués après s'être déjà bien spécialisé et détaché comme un petit rameau latéral, du tronc commun des Cordés. Ces organes sont typiques pour *Amphioxus*, considéré comme groupe restreint, genre, famille, ordre; mais ils ne peuvent pas figurer parmi les caractères généraux du groupe plus compréhensif des Acraniens, car les descendants craniotes de ce groupe en sont dépourvus, non par perte secondaire, mais par absence primitive.

Il y a pourtant un point commun avec tous les autres Vertébrés et même avec les Tuniciers. Dans ces deux groupes, les organes visuels sont, non des parties modifiées de l'ectoderme, mais des parties de la vésicule cérébrale elle-même ; celle-ci doit donc être considérée comme photosensible, primitivement dans son ensemble, car les formations oculaires sont une localisation de cette sensibilité générale. Les ocelles d'*Amphioxus* sont aussi des cellules du centre nerveux, non de la vésicule cérébrale, mais de la moelle, et elles nous donnent un renseignement important : c'est que, tout comme le cerveau, la moelle peut être considérée comme photosensible.

Considérés dans leur ensemble, comme un système, les ocelles représentent un stade très inférieur d'organe visuel; mais cette simplicité résulte plutôt de la dispersion, de la non-aggrégation des appareils, que de la structure de ces appareils eux-mêmes. Nous avons déjà fait ressortir que chaque ocelle avec ses deux cellules dif-

férenciées, est à un stade morphologique supérieur à celui de le tache pigmentaire cérébrale. Cet état n'est certainement pas primitif; il y a eu localisation dans les ocelles et renforcement d'une faculté primitivement généralisée dans toute la moelle.

La moelle résulte ontogéniquement, et très probablement aussi phylogéniquement, de l'invagination d'une portion de l'ectoderme; c'est donc à ces cellules ectodermiques de la plaque nerveuse que nous devons, en dernière analyse, attribuer, avec les autres facultés de sensation, une certaine photosensibilité. Les descendants histologiques directs de ces cellules ectodermiques sont les cellules garnissant le canal épendymaire; elles en conservent quelques-uns des caractères et aussi la disposition épithéliale. La proximité des ocelles du canal épendymaire rend fort probable leur origine aux dépens de pareilles cellules.

Les ocelles myéliques, acquisition spéciale de l'*Amphioxus* sont des cellules épendymaires modifiées, où s'est localisée et renforcée la photosensibilité vague, primitivement dévolue à toutes les cellules épendymaires.

8. — *Structures cérébrales de l'Amphioxus.*

La localisation de la photosensibilité dans les ocelles a été une modification considérable dans le fonctionnement de la moelle; on peut se demander si cette modification physiologique n'a pas entraîné quelque modification anatomique. Dans l'affirmative, par suite de cette formation spéciale des ocelles chez *Amphioxus*, la moelle de cet animal ne représenterait plus l'état primitif. Comme corollaire, on n'aurait quelque chance de retrouver des traces ou des indications de cet état primitif que dans les régions où l'absence d'ocelles a empêché naturellement les modifications.

Les ocelles s'arrêtent au niveau du troisième segment musculaire. Or, précisément à ce niveau, la moelle change de caractère. Sur la coupe transversale, le canal épendymaire a normalement la forme d'une fente linéaire verticale plutôt virtuelle, car les parois opposées sont presque au contact, sauf tout à fait à la partie inférieure, dilatée en un petit canal à contour circulaire. Dans la région antérieure, la fente s'étale à sa partie supérieure en deux branches latérales, de façon que l'ensemble a la forme d'un T. Cette partie horizontale est tout à fait superficielle, car son plafond reste mince, une simple

couche de cellules épendymaires aplaties, tandis que le reste des parois, les latérales et la ventrale, sont fortement épaissies comme dans les régions postérieures. Cet étalement épendymaire superficiel continue jusqu'à la vésicule cérébrale proprement dite.

Cet étalement, contrairement à ce qui vient d'être dit, n'est pas partout superficiel; il est bientôt recouvert d'une couche de cellules ganglionnaires, de sorte que la plus grande partie de la membrane épendymaire mince, qui constitue le plafond du T, est située dans la profondeur. Mais aussitôt se présentent des formations étranges, signalées par Kupffer, mais absolument énigmatiques. Le plafond épendymaire porte une demi-douzaine de tubes épendymaires qui s'élèvent de bas en haut dans la masse des cellules ganglionnaires et les écartent pour se dilater au bout distal en une vésicule assez grosse et arriver à la surface de la moelle. Au niveau de ces tubes, la section transversale du canal n'est plus un T, mais, par suite de l'addition d'une branche verticale médiane, une croix.

Bornons-nous pour le moment à constater ces faits, sans chercher à les interpréter. Nous ne sommes par encore en mesure de trancher ces questions. L'étalement épendymaire superficiel est-il en rapport avec l'absence d'ocelles et la forme primitive de la moelle, ou bien est-ce au contraire une modification de la moelle dans la région avoisinant la vésicule cérébrale? Quelle peut bien être le but et l'utilité des vésicules pédonculées de Kupffer? Il nous faut plus de faits.

Dans les parties médullaires antérieure et cérébrale dépourvues d'ocelles, le canal présente un étalement épendymaire dorsal tout à fait superficiel en avant, recouvert en arrière par des cellules ganglionnaires, mais restant toutefois en contact avec la surface par des vésicules pédonculées.

9. — *La moelle des larves de Bdellostoma.*

Reprenons le raisonnement du début du paragraphe précédent : si les ocelles ont amené des changements physiologiques et anatomiques dans la moelle, celle-ci a pu conserver sa forme primitive là où ne se sont pas formés des ocelles, c'est-à-dire dans la région antérieure d'*Amphioxus*, mais aussi dans toute la longueur de la moelle des autres Acraniens et de leurs descendants Craniotes; car les ocelles, étant une formation tout à fait spéciale, restreinte au groupe de l'*Amphioxus*, n'ont pas pu exercer leur influence modificatrice chez les

Craniotes et leurs ancêtres. Les Craniotes pourraient donc avoir conservé la moelle primitive, mieux que *Amphioxus*.

A première vue, les faits ne paraissent guère encourageants. La moelle a généralement le même aspect que chez *Amphioxus*. Le canal épendymaire présente une lumière à son extrémité inférieure; sa partie supérieure est une fente linéaire, souvent recouverte d'épaisses couches cellulaires.

Mais la moelle des Craniotes a aussi perdu sa photosensibilité générale hypothétique, non par la localisation de cette faculté dans des ocelles, mais par sa situation de plus en plus profonde sous des tissus opaques, parmi lesquels il faut citer principalement les arcs neuraux, les premières parties squelettiques formées. Les causes sont différentes, mais elles produisent le même effet.

Il y a cependant une indication. La moelle des Cyclostomes est un cordon fortement aplati et des masses épaisses de tissu entourent le canal épendymaire de tous les côtés. Mais chez *Bdellostoma*, ce canal présente une particularité intéressante : sa partie inférieure est un petit cercle comme partout ailleurs; sa partie moyenne est une fente linéaire, souvent entièrement obturée par l'accolement des épithéliums opposés; sa partie supérieure, contrairement à la règle très générale, a de nouveau les parois écartées, présente une lumière, la plus grande de toutes, non circulaire mais triangulaire, par la présence de diverticules latéraux. En somme, l'ensemble du canal épendymaire présente la forme en T, mais l'étalement épendymaire est peu marqué et pas superficiel.

Fort heureusement, nous connaissons assez bien l'embryologie de *Bdellostoma* et les premiers stades de la formation de la moelle. Quand elle s'est détachée de l'ectoderme périphérique, la moelle a ses parois latérales très épaisses parce que les cellules se sont considérablement allongées; mais sur la ligne médiane ventrale et dorsale l'épithélium est resté mince, composé de cellules cubiques et étalé en une lame épendymaire superficielle. La coupe transversale du canal a la forme d'un II couché (=), une fente verticale avec une branche horizontale dorsale et une branche horizontale ventrale. Toutefois, ces deux branches sont fort inégalement développées : la dorsale a une largeur double de la ventrale et, comme on l'a vu par la description de l'adulte, persiste beaucoup plus longtemps. Au stade correspondant chez *Petromyzon*, on trouve le même dispositif, mais moins marqué. Nous n'avons donc pas affaire à une particularité de structure d'un

groupe restreint, mais à un caractère général des Agnathes. Ce caractère consiste en un étalement épendymaire du canal sur toute la surface dorsale, sur toute la longueur et toute la largeur de la moelle; c'est donc le même caractère, mais intensifié et étendu, de la région médullaire antérieure sans ocelles de l'*Amphioxus*. La position zoologique de *Bdellostoma* et de *Petromyzon* comme Agnathes, tout à fait à la base des Craniotes, rend cette concordance extrêmement suggestive et importante, d'autant plus qu'elle est complètement conforme aux prévisions.

L'étalement épendymaire dorsal superficiel se retrouve aux premiers stades du développement ontogénique des Agnathes, mais plus marqué et étendu à toute la moelle.

10. — *Forme primitive de la moelle et ses causes.*

L'étalement épendymaire dorsal caractérise la moelle dans la région antérieure d'*Amphioxus*, région que précisément nous avons des raisons de considérer comme n'ayant pas été modifiée par des ocelles. Le même caractère se retrouve sur toute la longueur de la moelle des premiers Craniotes, les Agnathes, mais seulement au début de leur développement embryonnaire. Cette circonstance, loin d'être un inconvénient ou de constituer une objection, démontre au contraire la primitivité de cette forme de la moelle.

Le maintien du canal épendymaire chez les adultes de tous les Vertébrés, comme une fente linéaire verticale, allant souvent jusqu'à la surface dorsale de la moelle, a été considéré comme la conséquence du mode de formation du tube par invagination. Ce maintien est une conséquence possible, mais nullement nécessaire; la corde dorsale, par exemple, se forme de la même façon aux dépens du tube digestif, mais ne garde pas trace de ce mode de formation; de même le cristallin de l'œil; on pourrait parfaitement concevoir la moelle devenant solide complètement et massive comme la corde. En outre, il importe de remarquer que l'interprétation comme trace d'invagination, applicable jusqu'à un certain point à la fente épendymaire, ne rend nullement compte de l'étalement épendymaire dorsal et de la forme en T. Dans notre manière de voir, les cellules du canal épendymaire auraient conservé la photosensibilité de la plaque nerveuse ectodermique, encore superficielle et plane, et cette faculté aurait été conservée le plus longtemps par cet étalement dorsal, superficiel par

rapport à la moelle, et aussi par rapport au corps, car à ce stade cet étalement est directement sous l'épiderme, sans autres tissus interposés. Comme rappel simplement d'un procédé de formation, sans signification morphologique ni phylogénique, ce serait un rappel bien persistant; cette persistance se comprendrait mieux si le dispositif, à l'époque de son apparition, avait été une adaptation à une fonction importante et continuée pendant une longue période d'évolution.

Pour fixer les idées, voici comment on peut concevoir les grandes lignes de cette évolution.

L'organisme point de départ devra réaliser trois conditions :

1° Le système nerveux sera simple, non encore spécialisé en une structure définie, comme, par exemple, une chaîne ganglionnaire ventrale; cette simplicité originelle est indispensable pour permettre plus tard le mode tout particulier de formation d'un centre nerveux par invagination en moelle;

2° L'animal doit être plus ou moins photosensible;

3° Pour tous les autres caractères, il doit pouvoir fonctionner comme progéniteur d'*Amphioxus* et des Vertébrés.

Nous sommes fortement d'avis que les Entéropneustes réalisent le mieux cette troisième condition. Ils réalisent aussi parfaitement la première, par la structure bien connue de leur système nerveux, qui donne en outre plus que des indications pour la formation d'une moelle.

Il ne reste donc à examiner que la condition de photosensibilité. Sur ce point, les auteurs ne donnent pas de renseignements, mais il y a toutefois quelques indications. Delage et Hérouard trouvent l'espèce des côtes de Bretagne phosphorescente : le mucus sécrété en abondance devient violet à la lumière (Bateson); aux îles Bahama, l'animal est régulièrement, le soir, au voisinage de l'orifice correspondant à la tête, le matin, au contraire, à l'autre bout du tube (Morgan). Une certaine photosensibilité est donc probable, et comme il n'y a aucun organe spécialisé dans ce but, il faudrait admettre une sensibilité générale de toutes les cellules de l'épiderme ou tout au moins de grandes régions.

La constitution d'une plaque nerveuse bien délimitée qui s'invagine pour former la moelle a certaines conséquences, sur lesquelles Bateson (1886) a attiré l'attention. Les cellules de cette plaque sont sensitives; comme il n'y a pas de centre cérébral ou médullaire, il est plus que probable que la plupart des fibres émises par la face

profonde de la plaque iront directement aux muscles. Par son bord et ses parties périphériques, la plaque reste en rapport avec le reste de l'ectoderme, encore sensible; par rapport à l'ectoderme, la plaque est un organe central et les impressions ne peuvent lui venir des autres parties que par ses bords. La plaque sera donc à la fois sensitive et motrice dans ses régions moyennes, sensitive seule ou centre sensitif dans ses régions périphériques.

Concevons-la maintenant s'invaginant pour former la moelle. La surface cellulaire primitivement externe va devenir interne; la surface inférieure avec les fibres partant des cellules deviendra externe; ainsi s'explique la situation interne ou centrale de la substance cellulaire grise, avec son enveloppe de fibres constituant la substance blanche. Les régions moyennes de la plaque s'enfoncent et constitueront la partie ventrale de la moelle; les régions phériphériques se relèvent et formeront la moitié dorsale; alors tout naturellement les nerfs ventraux seront moteurs, les nerfs dorsaux, sensitifs. Cette théorie de Bateson est une explication très ingénieuse et plausible de la nature différente des deux racines des nerfs médullaires chez les Vertébrés.

Ce qui nous intéresse le plus, c'est la nature sensible de la partie dorsale de la moelle, comme une conséquence de son mode de formation. Aussitôt que la moelle est constituée et isolée, ses fonctions de receptivité sensorielle sont supprimées, par le fait même que tout contact avec l'extérieur est interrompu. La moelle peut encore agir comme centre, mais il est évident qu'elle ne peut plus exercer par elle-même la fonction d'organe tactile. Mais il y a un agent pour lequel la moelle peut rester directement réceptive : c'est la lumière, à condition de lui rester accessible, soit par une situation superficielle, immédiatement sous une peau mince, soit par une transparence suffisante des tissus interposés. Comme tissus interposés, il y a à mentionner en premier lieu l'épaississement des parois de la moelle elle-même, par prolifération de ses cellules et par recouvrement d'une épaisse couche de fibres. L'étalement épendymaire superficiel paraît un moyen tout à fait adéquat pour pallier cet inconvénient; les vésicules pédonculées de Kupffer au-dessus du plafond antérieur de la moelle de l'*Amphioxus* se comprennent maintenant aisément comme résultant de la même tendance à maintenir la membrane épendymaire photosensible à la surface. Au stade ontogénique où chez *Bdellostoma*, l'étalement épendymaire est à son apogée, la moelle est tout juste

sous l'épiderme; et il a certainement existé un pareil stade phylogénique, car la migration de la moelle dans la profondeur a été graduelle; ou, en d'autres termes, le recouvrement par des masses musculaires et l'évolution des parties squelettiques ne se sont pas faits brusquement. Plus avantageuses à d'autres points de vue, ces modifications ont été désastreuses pour la photosensibilité, laquelle a fini par ne plus pouvoir s'exercer, et alors la structure de la moelle pour ce but spécial, n'ayant plus de raison d'être, a fini par se perdre, ne laissant plus comme trace que l'allongement vertical vers le haut du canal épendymaire, ou même une simple traînée cellulaire.

La seule difficulté réelle dans tout ceci est l'absence totale de tout étalement dorsal de la moelle chez *Amphioxus*, même comme rappel dans l'ontogénie. Cette difficulté est assez sérieuse pour faire prendre en considération une autre évolution possible. La toute première moelle aurait été tubulaire, avec une fente linéaire, conséquence du mode de formation par invagination; grâce à la transparence, cette moelle était photosensible dans toute sa masse et par conséquent un étalement épendymaire dorsal était inutile. Ce serait de ce stade tout à fait primitif qu'aurait divergé *Amphioxus*, en spécialisant plus tard ses ocelles. Les autres organismes du tronc commun ont perdu la transparence par l'épaississement des tissus et développé un étalement épendymaire. Mais dans cette théorie, l'étalement de la région antérieure d'*Amphioxus* serait une acquisition nouvelle, dont on ne voit pas bien la raison. En outre, cette structure chez *Amphioxus* et la même chez *Bdellostoma* seraient des formations indépendantes dans deux groupes déjà divergents, ce qui est également fort difficile à admettre. Cette théorie présente donc deux difficultés, tandis que l'autre n'en présente qu'une seule.

L'étalement épendymaire dorsal se comprend comme une adaptation à la photosensibilité primitive de la moelle.

11. — *Structures cérébrales dorsales de Bdellostoma.*

Pour tous les détails sur le développement du cerveau, nous nous sommes principalement basé sur l'article de Kupffer, « *Die Morphogenie des Centralnervensystems* », dans le grand *Traité d'embryologie* de Hertwig.

Les dénominations des diverses vésicules cérébrales, d'arrière en avant, sont les suivantes :

Myélencéphale. . . .	Nachhirn	Moelle allongée.
Métencéphale	Hinterhirn	Cerveau postérieur.
Mésencéphale	Mittelhirn	Cerveau moyen.
Diencéphale	Zwischenhirn	Cerveau intermédiaire.
Télencéphale	Endhirn.	Cerveau terminal.

On considère généralement chez *Amphioxus* la partie antérieure de la moelle, avec la forme en T du canal, l'étalement épendymaire et les vésicules de Kupffer, comme correspondant aux deux régions cérébrales postérieures : le myél- et métencéphale. Tout ce qui est devant le métencéphale constitue une vésicule unique, indivise, désignée comme « archencéphale ». C'est aux dépens de cet archencéphale que vont se différencier les nouvelles vésicules cérébrales. Chez *Bdellostoma*, devant le métencéphale il y a un mésencéphale différencié; les deux vésicules di- et télencéphaliques sont encore confondues et cette vésicule unique est distinguée comme « prosencéphale ».

Le métencéphale ou cerveau postérieur de *Bdellostoma* présente d'une façon typique la forme en T et l'étalement épendymaire du plafond, qui reste mince. Le mésencéphale ou cerveau moyen présente identiquement la même structure. Dans le prosencéphale, la cavité a aussi la forme en T, mais les lumières, au lieu d'être des fentes plus ou moins linéaires, sont assez fortement dilatées; l'aspect est donc plutôt celui d'une étoile à trois gros rayons. Le plafond du prosencéphale a, tout à fait en avant et sur la ligne médiane, intérieurement une rainure ou gouttière qui se marque à l'extérieur comme une légère crête saillante. Plus en arrière, la saillie s'accroît; la rainure devient beaucoup plus profonde et la coupe de l'ensemble a la forme d'une croix, parce que cette rainure s'élève verticalement sur le milieu de la branche horizontale du T. Encore plus en arrière, les bords inférieurs se rapprochent et se soudent de façon à transformer la rainure en un canal fermé, le « tube dorsal » de Kupffer, qui communique avec le mésencéphale. Toutes les parois du prosencéphale sont formées de cellules columnaires, ce qui leur donne une certaine épaisseur. Il n'y a donc pas l'étalement en lame épendymaire mince des vésicules moyenne et postérieure.

La structure cérébrale qui vient d'être décrite est celle des larves de *Bdellostoma* et la structure dorsale seule a été prise en considéra-

tion. Déjà à ce stade, il y a des épaississements et des renflements qui déterminent l'aspect extérieur; chacune des trois vésicules est ainsi affectée et on pourrait parler d'hémisphères prosencéphaliques, mésencéphaliques et métencéphaliques, lobes latéraux fort développés, surtout ceux du métencéphale. Il est très important de constater que tous ces lobes épaissis sont latéraux et n'affectent pas la paroi supérieure, le plafond des cavités cérébrales. Ce plafond reste toujours relativement mince, sauf en trois endroits où il se forme un pli en dedans marqué par une rainure et dans lequel pli se forment des fibres. Ces plis sont transverses, réunissent les deux moitiés latérales et on les nomme des commissures. Les commissures délimitent les vésicules cérébrales au plafond. La plus en arrière sépare le cerveau postérieur du cerveau moyen; c'est la commissure cérébelleuse. Entre le cerveau moyen et le prosencéphale se trouve la commissure dite postérieure. Comme le prosencéphale est considéré comme une vésicule unique, il devrait théoriquement ne pas avoir de commissure; en réalité, vers le milieu de son plafond, il y a la commissure habénulaire.

La principale modification que subit cette organisation pour passer à celle de l'adulte consiste en l'épaississement du plafond du prosencéphale, par la confluence des hémisphères par les faces médianes. Les cellules épendymaires, constituant toujours encore un épithélium continu, sont recouvertes d'une épaisse couche de cellules et de fibres; le plafond semble fortement déprimé, réduisant d'autant la hauteur de la cavité. Cette accumulation de substance recouvrante médiane n'affecte pourtant pas tout le plafond du prosencéphale; la partie postérieure de ce plafond n'est recouverte que de peu de substance, par conséquent n'est pas déprimée, reste en position; d'où résulte que, sur la coupe longitudinale du cerveau, cette partie postérieure du plafond du prosencéphale a l'aspect d'une évagination épendymaire traversant la masse recouvrante sur presque toute son épaisseur et amenant l'épithélium épendymaire presque contre la surface du cerveau. A l'extérieur, cette évagination est bien visible comme un tubercule saillant devant le mésencéphale

Le mésencéphale ou cerveau moyen, primitivement muni d'un large étalement mince épendymaire. et ressemblant par là au cerveau postérieur ou métencéphale, subit également un léger épaississement et recouvrement de son plafond, mais fort peu marqué.

Dans le premier stade de développement, les étalements épendy-

maires des vésicules postérieure et moyenne sont tout à fait à la surface dorsale de la moelle, et comme à ce stade il n'y a pas encore dans ces régions de mésoderme dorsal, ces étalements sont superficiels, non seulement par rapport au cerveau lui-même, mais aussi par rapport au corps. Les lames épendymaires sont immédiatement sous l'ectoderme.

Il n'en est pas de même du prosencéphale, qui est situé profondément dans une couche épaisse de mésoderme. Mais la rainure médiane et le tube dorsal traversent et coupent en deux la masse mésodermique et viennent se mettre contre l'ectoderme. Ces deux structures, rainure et canal, disparaissent lors de la confluence des hémisphères.

Il y a encore à mentionner que la partie antérieure du plancher prosencéphalique donne par évagination les yeux pairs; chez les Myxinoïdes, il n'y a ni sclérotique ni muscles oculaires; la structure interne est également fort simple par suite de l'absence d'iris et de cristallin, et par la faible différenciation histologique de la rétine.

Le cerveau de *Bdellostoma* se compose du métencéphale et du mésencéphale, et d'un prosencéphale peu différencié. Au stade larvaire, métencéphale et mésencéphale ont le canal en T, l'étalement épendymaire mince superficiel directement sous l'ectoderme; le prosencéphale est entouré de mésoderme mais une crête saillante et le tube dorsal maintiennent un contact avec l'ectoderme. Dans la suite du développement, il y a épaississement, surtout marqué dans la partie antérieure du plafond du prosencéphale.

12. — *Interprétation des structures de Bdellostoma. Le plafond des vésicules cérébrales.*

Le métencéphale a un canal en forme de T et un large étalement épendymaire mince. Nous connaissons cette structure pour l'avoir rencontrée dans la région correspondante de *Amphioxus* et dans la moelle embryonnaire de *Bdellostoma*, et nous avons considéré cette structure comme primitive; et la structure entraînant la fonction, nous avons considéré cet étalement comme une adaptation à la photosensibilité. Cette fonction, primitivement généralisée à tout le centre nerveux, a été perdue chez *Amphioxus* par la localisation dans les ocelles, chez les Craniotes par l'opacité des tissus interposés. Elle s'est maintenue en avant et nous arrivons à la conclusion paradoxale

que le cerveau est sous ce rapport un organe conservateur. Mais la photosensibilité, refoulée dans le métencéphale, y a été localisée probablement avec intensification, comme tend à le prouver le volume plus grand de l'organe; cette localisation s'est faite dans une partie du cerveau, lequel est dans son ensemble le centre psychique. Ces circonstances n'ont certes pas été étrangères aux progrès ultérieurs.

Il n'y a chez les Craniotes, plus rien qui rappelle les vésicules pédonculées d'*Amphioxus* dans cette région métencéphalique. Ces vésicules sont une particularité d'*Amphioxus*, en rapport avec le recouvrement de l'étalement épendymaire par une masse ganglionnaire; elles n'ont pas lieu d'être quand il n'y a pas de recouvrement, quand l'étalement épendymaire reste superficiel et sous-ectodermique.

Une nouvelle vésicule, le mésencéphale, s'est constituée devant le métencéphale. Cette nouvelle vésicule ne peut être que la région postérieure différenciée de la vésicule archencéphalique. Les vésicules cérébrales s'individualisent donc d'arrière en avant.

Il est tout à fait remarquable que cette nouvelle vésicule mésencéphalique ait exactement la structure de la vésicule postérieure plus ancienne; d'autant plus que l'archencéphale dont elle dérive n'avait pas cette structure. Individualisation et modification en étalement épendymaire semblent donc pour le moins des phénomènes concomittants; la région postérieure de l'archencéphale, en s'isolant comme mésencéphale, a en même temps modifié son plafond; on pourrait même se demander s'il n'y a pas une relation de cause à effet, mais de pareilles questions sont presque impossibles à résoudre. L'épaississement des parois latérales a peut-être localisé dans la partie supérieure une photosensibilité d'abord générale à la région.

Le mésencéphale est la région du troisième ventricule ou aqueduc de Sylvius de l'anatomie descriptive. Généralement, le canal est réduit à une petite lumière circulaire et les parois sont remarquables par leur grande épaisseur relativement aux dimensions du canal situé entre le cervelet et le cerveau proprement dit avec ses hémisphères, c'est-à-dire entre deux régions fort compliquées; le mésencéphale des formes supérieures, par exemple les Mammifères, contraste par sa simplicité. On voit par *Bdellostoma* que cette simplicité n'est nullement primitive. « Il est singulier que le dispositif du sinus rhomboïdal ou cerveau postérieur se poursuive sur le cerveau moyen. » (Kupffer, p. 32).

La première circonstance dont il faut tenir compte pour expliquer le prosencéphale est sa situation profonde, la formation tout autour d'une couche de mésoderme assez épaisse. La crête médiane et le tube dorsal apparaissent immédiatement comme des moyens pour maintenir le contact avec la surface de la moelle, fonctionnellement comparables aux vésicules pédonculées du métencéphale d'*Amphioxus*. Une coupe transverse intéressant le tube dorsal a également la forme d'une croix. Mais les parois de la vésicule et de ses annexes restent à peu près partout les mêmes; il n'y a pas l'étalement épendymaire mince. La formation des saillies peut être considérée comme une première indication d'adaptation spéciale pour localiser la photosensibilité de la région, mais la modification n'est pas allée plus loin.

Ce qui devient le fait dominant du prosencéphale, c'est l'épaississement de ses parois et aussi de son plafond, pour la formation des hémisphères, centres psychiques. Tandis que la modification en étalement épendymaire affecte d'abord la partie postérieure, le métencéphale, puis le mésencéphale, va par conséquent d'arrière en avant, l'épaississement des plafonds suit la marche inverse. Chez *Bdellostoma* il est fort développé au prosencéphale, sauf dans sa partie tout à fait postérieure; il affecte à peine le mésencéphale et laisse tout à fait indemne le métencéphale. Dans le prosencéphale, l'épaississement supprime radicalement le tube dorsal, qui devient ainsi un organe transitoire.

Les étalements épendymaires des deux vésicules postérieures mét- et mésencéphaliques sont comme l'étalement médullaire, une localisation de la photosensibilité de la région dans sa partie dorsale superficielle; les structures spéciales du prosencéphale au premier stade embryonnaire sont des adaptations pour maintenir le contact avec la surface à travers la couche de mésoderme, comme les vésicules pédonculées d'*Amphioxus*; la constitution de volumineux centres psychiques débute en avant par le recouvrement du plafond du prosencéphale.

13. — *L'épiphyse de Bdellostoma.*

L'épaississement du plafond du prosencépale affecte toute la surface, sauf une petite partie de la région postérieure. Il y a donc devant le mésencéphale un tubercule saillant assez nettement mar-

qué à l'extérieur, qui est la partie postérieure du plafond prosencéphalique restée épendymaire ou, du moins, recouverte seulement d'une faible couche de matière. Grâce à tout ce que nous avons vu jusqu'ici, nous pouvons raisonnablement interpréter cette structure toujours de la même manière. Les vésicules cérébrales sont toutes photosensibles dans toutes leurs cellules, mais, par suite de circonstances diverses, la fonction se localise dans quelques-unes de ces cellules; la circonstance est ici l'épaississement du plafond comme centre psychique. Il y a une concentration plus grande de la localisation, car il n'y a pas d'étalement épendymaire à grande surface.

Quand on compare, non plus avec les antécédents, mais avec les formes plus élevées et subséquentes, on constate que ce tubercule doit être homologué avec l'épiphyse ou l'œil pinéal. Tubercule de *Bdellostoma* et œil pinéal des autres Craniotes ont exactement la même situation morphologique et les mêmes connexions. Kupffer désigne le tubercule comme une épiphyse.

Cette homologation a une portée des plus considérables. Malgré tous les arguments, la photosensibilité attribuée aux formations épendymaires dorsales semblera probablement, à beaucoup de zoologistes, une hypothèse assez risquée; mais pour une épiphyse, pareil doute ne serait plus justifié. L'appareil pinéal est bien un œil, un organe photosensoriel, qui a joué un rôle assez considérable dans l'évolution des Vertébrés. Nous sommes donc en possession d'un fait précis, nullement d'interprétation ou d'hypothèse, et la certitude sur ce point doit légitimement retentir sur toutes les autres considérations y rattachables.

Malheureusement, dans la légende des figures du travail de Kupffer, la désignation du tubercule est toujours donnée « épiphyse? », avec un point d'interrogation, et Kupffer déclare que cette homologation est douteuse. Nous avons à nous enquérir des raisons qui font hésiter cet éminent morphologiste.

Il y a incontestablement beaucoup de différence entre ce tubercule, en réalité simple portion épendymaire non épaissie du plafond prosencéphalique, et une épiphyse avec long pédoncule, une différenciation distale en un organe oculaire à rétine, cristallin, etc. Mais c'est là uniquement une différence de degré de perfectionnement. L'œil pinéal ne s'est pas constitué ainsi; il a évolué, c'est-à-dire qu'il est le résultat de modifications accumulées sur une ébauche primitivement fort imparfaite. Le tubercule peut avoir été

un tel organe primitif et la circonstance que c'est précisément le plus inférieur des Craniotes qui présente cette structure plus simple ne peut que justifier l'homologation. On peut certainement considérer le tubercule de *Bdellostoma* comme l'organe précurseur de l'épiphyse. La simplicité de structure n'est pas une objection.

Du reste, Kupffer ne fait pas valoir cet argument. Ce qui le fait hésiter, c'est que le diverticule a des parois épaisses et un recouvrement de substance « moléculaire », c'est-à-dire nerveuse. Tout en admettant la validité de ces raisons, on peut se demander si elles sont suffisantes et péremptoires. L'une d'elles semble pouvoir s'expliquer facilement : l'épaisseur des parois résulte du fait que cette région, comme du reste tout le prosencéphale, n'a pas encore atteint le stade d'amincissement et d'étalement de la membrane épendymaire ; les cellules de l'épiphyse ont conservé le caractère columnaire primitif des cellules épendymaires du prosencéphale. Cette vésicule prosencéphalique chez *Bdellostoma* a été saisie tout à fait au début de son évolution.

Le recouvrement par de la matière nerveuse ordinaire est certainement une modification secondaire, nullement en rapport avec la fonction de photosensibilité. Mais il faut remarquer que chez tous les animaux de la faune actuelle, l'épiphyse est manifestement en régression. Fonctionnellement importante à une époque géologique reculée, elle a été mis hors d'usage dans tous les groupes des Vertébrés, comme si une cause générale avait agi pour amener indépendamment dans tous les groupes, la disqualification de l'organe. *Bdellostoma* ne serait qu'un cas particulier de ce fait général. La présence d'une couche de recouvrement peu compatible avec la photosensibilité, loin d'être une différence avec les autres épiphyses, est, au contraire, au fond, une similitude. Le procédé seul est un peu particulier. Saisi par la régression à un stade très primitif, avant d'avoir eu le temps ou des raisons pour s'étirer en un long pédoncule et se spécialiser en œil distal, resté simplement au niveau de la surface cérébrale, quoi de plus naturel que de voir la modification subséquente de la vésicule prosencéphalique ne pas respecter un organe hors d'usage, c'est-à-dire l'épaississement du plafond s'étendre aussi au tubercule épiphysaire. L'étonnant est même que cet épaississement y est si peu marqué. Avec une épiphyse longuement pédiculée, un tel recouvrement était impossible, parce que le bout distal s'était mis hors d'atteinte.

La partie postérieure du plafond du prosencéphale a gardé une situation superficielle, comme une pseudo-invagination épendymaire dans la masse recouvrante; sa situation morphologique en fait l'organe précurseur de l'épiphyse. L'absence d'amincissement et d'étalement épendymaires, de pédonculisation et de différenciation distale en œil terminal sont des caractères primitifs en rapport avec la situation zoologique et ont permis, lors de la régression fonctionnelle ultérieure, le recouvrement par une mince couche de matière nerveuse ordinaire.

14. — *Structures cérébrales dorsales de Petromyzon.*

Le métencéphale et le mésencéphale présentent bien marqué l'étalement épendymaire superficiel, mais comme stade transitoire; il se produit deux modifications successives : le plafond épendymaire mince se boursoufle comme si les deux vésicules cérébrales étaient atteintes d'hydrocéphalie; puis ces deux vessies gonflées se vascularisent, se plissent vers l'intérieur et forment des plexus choroïdes.

Le prosencéphale ne tarde pas à se différencier en diencéphale et télencéphale. Dès avant cette division apparaît, à la région postérieure du prosencéphale, l'épiphyse, remarquablement précoce et volumineuse, pédonculée et dirigée en arrière. La première indication de l'isolement du télencéphale est la formation d'une évagination de la partie postérieure de son plafond, tout comme l'épiphyse, comme elle pédonculée et dirigée en arrière; c'est la paraphyse.

Ultérieurement, la partie du plafond diencéphalique devant l'insertion de l'épiphyse s'épaissit par confluence sur la ligne médiane de masses ganglionnaires. Le plafond du télencéphale, au contraire, devient une lame épendymaire mince et boursouflée comme les mét- et mésencéphales, mais sans aller jusqu'à la vascularisation et la formation d'un plexus choroïde. Épiphyse et paraphyse ont complètement changé de direction; au lieu d'aller en arrière, elles vont fort loin en avant et finissent par se mettre toutes deux sur le plafond boursouflé du télencéphale; juste au-dessus de cette région, la peau est transparente chez l'adulte.

Le télencéphale porte la paraphyse à sa partie dorsale et donne par sa partie ventrale les évaginations pour les vésicules oculaires primitives paires.

Le premier fait à remarquer, c'est que, comme chez *Bdellostoma*, les deux vésicules postérieures, mét- et mésencéphale, ont leur sort lié; elles commencent par être semblables et subissent exactement les mêmes modifications. « Parmi les particularités du cerveau de *Petromyzon*, qui ne se retrouvent chez aucun autre Vertébré, figure la transformation du plafond du cerveau moyen en une lame choroïde, qui se boursoufle en vessie comme le plafond du sinus rhomboïdal » (Kupffer, p. 53). La vascularisation ultérieure de cette lame, qui en fait un plexus choroïde, se retrouve pour le métencéphale chez tous les autres Craniotes au-dessus de *Petromyzon*, mais est, pour le mésencéphale, tout à fait unique.

Le boursouflement et la vascularisation sont deux phénomènes distincts; chez les mét- et mésencéphales, ils ne sont pas concomitants, mais successifs; chez le télencéphale, le boursouflement seul est réalisé et la vascularisation ne se produit pas. Les deux modifications peuvent donc avoir des significations physiologiques fort différentes.

Pour la vascularisation et la transformation en plexus choroïde, cette signification paraît clairement une adaptation à la nutrition du cerveau. Mais cette fonction nouvelle de nutrition est-elle compatible avec la fonction photosensorielle? Le froncement de la membrane en plis profondément situés et superposés ne semble guère favorable. Nous émettons l'hypothèse que, pour une raison quelconque, les étalements épendymaires n'ont plus pu exercer leur fonction photosensorielle et ont été utilisés comme organes de nutrition.

La cause la plus probable pour la perte de la fonction photosensorielle, celle qui se présente d'abord à l'esprit, est la suppression de la lumière par l'interposition de tissus opaques. Les étalements épendymaires auront lutté pour maintenir leur fonction et le boursouflement, qui élève ces membranes beaucoup au-dessus de la surface du cerveau, pourrait être considéré comme une modification connexe à l'enfoncement de tout l'encéphale, comme un moyen de pallier l'inconvénient d'une situation plus profonde. Mais la grande surface occupée par ces étalements est un désavantage, en ce qu'elle nécessite des hiatus de dimension appropriée à travers tous les tissus susjacents. La disposition plus concentrée et plus ramassée du tubercule épiphysaire rudimentaire de *Bdellostoma* est, sous ce rapport, beaucoup plus pratique; aussi cette disposition a-t-elle été utilisée. L'épiphyse s'est longuement pédonculisée; elle a de plus en plus

assumé la fonction photosensorielle, que les étalements épendymaires postérieurs ont définitivement perdue.

Dans l'intervalle, le télencéphale s'était constitué comme vésicule distincte et de nouveau, à son début, elle reproduit les structures des vésicules postérieures plus anciennes : elle est épendymaire et boursouflée comme le métencéphale et le mésencéphale, elle a une paraphyse évaginée homodyname avec l'épiphyse du diencéphale. Le maintien de la boursouflure et sa non-transformation en plexus signifient, d'après ce qui précède, le maintien de la fonction sensorielle; et avec cette conclusion *a priori* s'harmonisent deux faits : la transparence de la peau au-dessus de cette région, et la migration en ce même endroit des deux évaginations pédonculées.

Le métencéphale et le mésencéphale boursouflent l'étalement épendymaire comme adaptation à la situation plus profonde de l'encéphale, et après la perte définitive de leur fonction photosensorielle, ces membranes se vascularisent et se plissent en plexus choroïdes pour la nutrition du cerveau. La fonction photosensorielle est reprise par l'épiphyse qui se pédonculise et par le télencéphale nouvellement différencié avec plafond mince boursouflé et évagination postérieure paraphysaire. Toutes les formations photosensibles se groupent sous une portion transparente de la peau.

15. — *Structures cérébrales dorsales des Gnathostomes.*

La division en cinq vésicules cérébrales est conservée comme chez *Petromyzon;* le métencéphale a le même plexus choroïde. Les principales modifications par rapport à *Petromyzon* sont au nombre de trois :

1° Derrière la paraphyse, la membrane épendymaire du télencéphale s'est enfoncée et a donné un plexus choroïde;

2° Le mésencéphale ou cerveau moyen a perdu son plexus choroïde et a régulièrement épaissi ses parois;

3° Une mince bride nerveuse transverse au-dessus de la partie antérieure du métencéphale chez *Petromyzon*, s'est développée en cervelet médian.

Ce qu'il y a d'important, c'est que les Gnathostomes montrent la continuation des phénomènes que nous avons toujours rencontrés jusqu'ici. Le télencéphale a passé exactement par les mêmes phases

16. — *Tableau recapitulatif des modifications cérébrales chez les diverses formes.*

—	MYÉLENCÉPHALE (MOELLE ALLONGÉE).	MÉTENCÉPHALE (CERVEAU POSTÉRIEUR).	MÉSENCÉPHALE (CERVEAU MOYEN).	DIENCÉPHALE (CERVEAU INTERMÉDIAIRE).	TÉLENCÉPHALE (CERVEAU TERMINAL).
Amphioxus . . .	Vésicules pédonculées.	Canal en T.	Vésicule cérébrale non différenciée.		Tache pigmentaire dans la lame terminale.
Bdellostoma . . .	. . . . .	Canal en T.	Canal en T.	Prosencéphale peu différencié, paroi épaisse. Épiphyse. Tube dorsal.	Rainure. Yeux pairs.
Petromyzon. . .	. . . . .	Boursouflure, puis plexus. Bride cérébelleuse.	Boursouflure, puis plexus.	Épaississement. Épiphyse.	Boursouflé seulement. Paraphyse.
Gnathostomes . .	. . . . .	Plexus, cervelet.	Plafond homogène.	Région réduite. Épiphyse.	Paraphyse. Plexus.

que les vésicules postérieures; seulement boursouflé chez *Petromyzon*, il est vascularisé et transformé en plexus choroïde. L'épaississement de la moitié antérieure du plafond de chaque vésicule, cette modification qui allait d'avant en arrière, a sérieusement affecté le métencéphale et constitué un cervelet volumineux. Ces modifications ne sont donc pas quelconques, ni les ressemblances des coïncidences fortuites; il y a, au contraire, une remarquable uniformité dans les manifestations, uniformité qui doit être le résultat d'une unité de cause ou, plus exactement, d'un complexe de causes, mais toujours le même. Nous avons signalé que les vésicules semblent se constituer successivement d'arrière en avant, comme des organes photosensoriels; les deux plus anciennes, postérieures, ont l'étalement épendymaire; les deux plus récentes, en avant, ont des évaginations épiphysaires. La série est fort bien jalonnée et surtout *Bdellostoma* comble fort à propos l'hiatus entre *Amphioxus*

et *Petromyzon*. Tous ces étalements finissent par perdre leur photosensibilité et tous subissent alors le même sort, entrent au service de la nutrition de l'encéphale comme plexus choroïdes. Une autre cause est l'épaississement des plafonds, qui va d'avant en arrière et que, dans sa signification générale, nous avons considéré en rapport avec le développement du cerveau comme centre psychique.

Les Gnathostomes montrent la continuation des mêmes phénomènes par la formation d'un plexus choroïde télencéphalique, l'épaississement du mésencéphale et de la partie antérieure du métencéphale comme cervelet.

17. — *La photosensibilité du cerveau et la formation du crâne.*

Nous avons pris comme point de départ un organisme à sensibilité générale ectodermique ; la photosensibilité directe du centre nerveux invaginé était un legs de cet ancêtre reculé et l'étalement épendymaire dorsal, une adaptation à la situation plus profonde de la moelle, combinée avec cette photosensibilité conservée.

La moelle proprement dite n'a pas longtemps conservé cette fonction. Déjà chez *Amphioxus* il y a eu localisation dans les ocelles, dans le plancher épendymaire, situation rendue possible à cause de la transparence de l'animal. Chez le plus archaïque des Craniotes, chez *Bdellostoma*, la moelle a perdu sa photosensibilité et l'étalement épendymaire dorsal n'existe plus que comme un rappel dans l'ontogénie. Le recouvrement par les masses musculaires est une conséquence du mode de natation ; la formation des premières pièces squelettiques cartilagineuses comme arcs neuraux sus-myéliques a probablement pour but la protection.

La photosensibilité perdue par la moelle a été maintenue dans la région cérébrale et s'est montrée extraordinairement tenace. Deux ordres de faits prouvent cette ténacité : 1° La multiplicité des diverses parties cérébrales qui assument la fonction photosensorielle : toutes les vésicules cérébrales successivement d'arrière en avant, pour à la fin ne laisser que les yeux pairs, diverticules du télencéphale ; 2° la multiplicité des adaptations pour maintenir la fonction dans les circonstances difficiles résultant de l'enfoncement graduel du cerveau : l'étalement épendymaire d'abord, puis le boursouflement, puis la pédonculisation des évaginations épiphysaires et des yeux pairs.

Si l'encéphale comme organe photosensoriel a été largement

influencé par les organes et tissus environnants, réciproquement il a réagi sur ces organes. La condition essentielle pour son fonctionnement était la possibilité pour la lumière d'arriver jusqu'à lui. La région céphalique n'a pas un recouvrement de muscles dorsaux parce que la région n'est pas motrice. S'il y a un organe auquel une protection efficace semble nécessaire ou tout au moins utile, c'est bien le cerveau. Or, précisément il n'en est rien. Dans le tronc, les premières parties squelettiques formées sont les arcs neuraux sur la moelle; dans la région crânienne, ce sont les paracordaux sous le cerveau, pouvant agir comme support, mais non comme appareil protecteur. La voûte du crâne reste membraneuse chez *Bdellostoma*, fibreuse chez *Petromyzon ;* elle n'était certainement pas calcifiée chez *Palæospondylus ;* elle se complète par du cartilage d'abord dans la région occipitale et il reste fréquemment des fontanelles étendues. Tous ces faits, qui n'ont jamais reçu d'interprétation, se comprennent aisément comme des adaptations à la photosensibilité cérébrale, imposées lors de la formation des enveloppes chez les tous premiers Craniotes.

Les nécessités de la protection finissent pourtant par l'emporter : le crâne se complète, surtout par des ossifications dermiques. Mais les organes photosensoriels maintiennent le contact avec l'extérieur en se pédonculisant et en traversant les parties dures opaques ; de là les ouvertures orbitaires pour les yeux latéraux, des ouvertures médianes et notamment le trou pariétal pour les formations épiphysaires. La présence d'étalements épendymaires occupant une grande surface et fonctionnellement actifs semble incompatible avec un recouvrement complet par des os dermiques ; or, l'accumulation de l'épiphyse et de la paraphyse juste au-dessus du télencéphale boursouflé de *Petromyzon* rend probable l'activité fonctionnelle des trois structures ; on pourrait donc conclure que probablement il n'y a pas eu de formes à bouclier céphalique complet dans l'ascendance des Cyclostomes actuels.

Chez les plus anciens Poissons connus, du Silurien supérieur et du Devonien, qui nous ont été conservés grâce à une puissante armure dermique, il y a, comme caractère fort constant, une ouverture médiane généralement entre les deux orbites pour les yeux pairs. On la nomme trou pinéal et on l'homologue sans hésitation avec le trou pariétal des Reptiles, pour y loger l'épiphyse. C'est en effet l'épiphyse qui est logée dans cet orifice chez les Reptiles vivants

qu'on a pu disséquer. Il y a pourtant des raisons permettant de mettre en doute l'exactitude de cette homologation. Chez les Placodermes, l'orifice en question est entre les deux yeux, probablement au-dessus du télencéphale; cette région cérébrale fournit les yeux pairs et aussi un diverticule médian dorsal; mais ce diverticule est la paraphyse et non l'épiphyse. En s'en tenant uniquement aux Placodermes, faisant abstraction des Reptiles qui sont venus beaucoup plus tard, c'est plutôt la paraphyse qu'il faudrait loger entre les deux yeux, pour rattacher à une même vésicule cérébrale tout ce qui est sur une même ligne. Il est vrai que la paraphyse, beaucoup plus encore que l'épiphyse, se montre, partout où elle existe, fortement en régression. Mais il est plus que probable que l'organe a été plus développé et fonctionnellement actif. On a donc tort de toujours le négliger et de ne considérer que l'épiphyse seule. Cela compliquerait davantage encore la question déjà si ardue de la localisation des organes sensoriels chez les Placodermes, mais à cela il n'y a rien à faire.

Chez les Céphalaspidés il y a, derrière les orbites, une dépression: la vallée post-orbitale de Ray Lankester. Ce serait exactement ce qu'il faudrait pour, la paraphyse étant entre les orbites, loger l'épiphyse. Jaeckel a suggéré la possibilité d'un rapport avec le sinus rhomboïdal du cerveau, pour permettre des échanges gazeux respiratoires pour un organe consommant beaucoup d'oxygène. Mais il n'y a pas d'orifice; la carapace semble avoir la même structure et être simplement déprimée. S'il y avait à cet endroit de la voûte crânienne une grande fontanelle, ce que les considérations d'anatomie comparée rendent fort admissible, la fossilisation produirait facilement une pareille dépression.

Pour essayer de mettre un peu d'ordre dans toutes ces contradictions et difficultés, on peut se représenter les événements comme suit : par l'enfoncement graduel du cerveau, quand la boursouflure des mét- et mésencéphales est devenue insuffisante, les vésicules antérieures sont entrées en action, par leurs organes pédonculés et aussi par l'étalement épendymaire du télencéphale, tandis que les vésicules postérieures étaient recouvertes de tissus opaques et vascularisaient leurs plafonds en plexus choroïdes. *Petromyzon* représente un stade un peu ultérieur; les tissus opaques ont progressé plus en avant et refoulé l'épiphyse en avant, au-dessus de la paraphyse et de l'épendyme télencéphalique. C'est à peu près vers ce stade que sont intervenues les ossifications dermiques et la nature probablement agnathe

de *Pteraspis*, *Cephalaspis* et consorts s'accordent fort bien avec cette supposition. L'épendyme télencéphalique a alors subi le sort ordinaire de régression, mais les organes évaginés et pédonculés ont imposé à la carapace une ouverture pinéale. Par suite du rabattement d'arrière en avant, c'est l'épiphyse qui est au-dessus ; elle seule se trouve donc topographiquement à même de continuer à fonctionner comme organe photosensoriel; c'est bien l'épiphyse qui est partout dans le trou pinéal; et naturellement la paraphyse entre partout en régression.

La photosensibilité, tôt abandonnée par la moelle, s'est maintenue avec ténacité dans le cerveau et a empêché le crâne, lors de sa formation, de se compléter par une voûte; l'interposition de tissus opaques d'arrière en avant a causé la régression des étalements épendymaires postérieurs et le rabattement en avant de l'épiphyse sur la paraphyse et sur l'épendyme télencéphalique; les os dermiques ont amené la régression de l'étalement télencéphalique et l'épiphyse, par suite de sa situation supérieure, a seule pu maintenir un contact avec l'extérieur par le trou pinéal.

18. — *Les yeux latéraux des Vertébrés.*

Les yeux latéraux sont un des caractères les plus distinctifs des Vertébrés par leur mode de formation comme partie du centre nerveux cérébral. Les yeux latéraux sont par là fort différents des autres organes sensoriels, tous d'origine épidermique, et la théorie placodaire de Kupffer ne peut s'appliquer aux yeux qu'un peu forcée, et surtout grâce au mode de formation du cristallin. Mais le cristallin est un organe accessoire et ce n'est certainement pas lui qui a déterminé la formation des vésicules oculaires primitives. L'opinion assez répandue de la photosensibilité primitive d'une région cérébrale chez un organisme transparent est beaucoup plus plausible. L'évagination et la pédonculisation ont eu ici les mêmes causes que pour les structures cérébrales médianes : l'opacité des tissus interposés et la nécessité de maintenir un contact avec la peau à travers ces tissus. Ces modifications sont adaptives et secondaires.

La tache pigmentaire dans la lame terminale d'*Amphioxus* réalise les conditions d'un organe visuel primitif, qui a pu être l'organe précurseur des yeux latéraux. La situation médiane et impaire n'est

pas un obstacle insurmontable, car la monorhinie et l'amphirhinie ne sont pas non plus deux structures inconciliables; on peut parfaitement concevoir une division secondaire d'un organe primitivement unique, pourvu que la division se fasse à un stade encore primitif et avant qu'il y ait eu des complications par des organes accessoires surajoutés. La tache pigmentaire est dans la lame terminale, qui fera partie plus tard, chez les Craniotes, du télencéphale, la vésicule cérébrale à laquelle se rattachent les yeux. Les vésicules oculaires primitives semblent partir du plancher du télencéphale, tandis que la tache pigmentaire est en situation dorsale; mais cette situation résulte chez *Amphioxus* de la migration en haut et en arrière du neuropore, auquel on fait aboutir l'axe longitudinal idéal du tube médullaire. Topographiquement dorsale, la tache serait donc morphologiquement ventrale. L'homologie avec les yeux latéraux ne serait donc nullement impossible; mais il n'y a pas assez de faits pour lui donner plus de certitude et la plupart des auteurs considèrent ces relations comme non établies et les yeux latéraux comme une formation autonome.

Dans un travail récent, Boveri (*Festschrift für Weismann*, 1904) considère les yeux latéraux comme résultant de l'agrégation d'un grand nombre d'ocelles, comme ceux de la moelle d'*Amphioxus*. Ce seraient des organes composés, comme les yeux à facettes des Arthropodes. Cette théorie ne tient pas compte de la répartition des ocelles, restreints à la moelle chez *Amphioxus* et manquant précisément dans la région antérieure où ils auraient dû être extraordinairement nombreux.

Les yeux latéraux ont fini par déplacer fonctionnellement les autres appareils photosensibles, par assumer la prépondérance et rester seuls. Voilà probablement pourquoi nous trouvons l'épiphyse en régression chez toutes les formes actuelles. Mais il est fort remarquable combien le procédé a été lent et combien les yeux latéraux ont eu de peine pour triompher définitivement. Nous avons une date géologique et zoologique certaine, où l'épiphyse était fonctionnellement active. Une intéressante communication de Dollo (*Société belge de Géologie*, Bruxelles, octobre 1904) a montré que le grand Mosasaure et la petite espèce *Plioplatecarpus* diffèrent par toute une série de détails, tous modifications adaptives à la vie bathycole de *Plioplatecarpus*; parmi ces modifications figure la dimension notablement plus grande du trou pariétal chez l'espèce plongeant plus

profondément. Il en résulte clairement que vers la fin de l'époque secondaire et chez un groupe de Reptiles aussi élevé que les Mosasauriens, l'épiphyse était encore capable de modifications adaptives.

On doit se figurer les vésicules oculaires primitives comme ayant été fonctionnelles; c'est-à-dire que les yeux latéraux ont d'abord été une simple évagination télencéphalique pédonculée, avec un renflement distal se mettant sous la peau transparente, sans cristallin, iris ni muscles. L'œil de *Bdellostoma* est le seul qui se rapproche de cette simplicité primitive et *Bdellostoma* est le plus inférieur des Craniotes. Dès lors, il devient assez douteux que la simplicité de l'œil doive être attribuée à des régressions secondaires, car ce serait une singulière coïncidence. Ce n'est toutefois pas impossible; le volume considérable de la première ébauche et l'invagination en vésicule oculaire secondaire comme pour un corps vitré peuvent légitimement s'interpréter comme indiquant un état antérieur plus parfait que l'état réduit adulte actuel. Mais, pour toutes ces questions, il manque un bon critérium et la conclusion est surtout une question d'appréciation individuelle. Nous considérons qu'une bonne partie de cette simplicité est primitive, en concordance avec le maintien à l'état d'étalement épendymaire des plafonds des vésicules postérieures, la structure de l'épiphyse, la non-différenciation d'un prosencéphale avec paraphyse. Au point de vue du cerveau et des yeux, il y aurait entre *Bdellostoma* et *Petromyzon* beaucoup plus de différence qu'entre cette dernière espèce et les Gnathostomes. Comme à tous les autres points de vue et zoologiquement, les deux formes de Cyclostomes ne sont pas si distantes, cela prouve la rapidité d'évolution des organes cérébraux.

Les yeux latéraux peuvent provenir de la tache pigmentaire dans la lame terminale d'*Amphioxus*, divisée, évaginée et pédonculisée à travers les tissus opaques interposés; leur origine par confluence d'ocelles myéliques (Boveri) est peu probable; ils ont fort graduellement remplacé fonctionnellement les structures médianes dorsales.

Note. — Dans les considérations qui précèdent, un point important est la photosensibilité primitivement dans la région dorsale de la moelle. Or, c'est ce que vient de démontrer un travail de Joseph (*Ueber eigentümliche Zellstrukturen im Zentralnervensystem von Amphioxus — Verb. Anat. Ges.*, 18 Vers., Jena 1904 — compte

rendu dans *Zool. Zentralblatt*, 30 décembre 1904, p. 848). Des cellules unipolaires, pour les détails de leur structure intime en tout identiques aux cellules visuelles, mais sans addition d'une cellule pigmentée cupuliforme, occupent la région dorsale de la moelle antérieure, à la hauteur des premiers segments musculaires, où manquent les appareils de Hesse. Joseph discute aussi l'hypothèse de Boveri, à laquelle il ne peut se rallier.

La séance est levée à 5 $^1/_2$ heures.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

LISTE

DES

SOCIÉTÉS ET INSTITUTIONS CORRESPONDANTES

AVEC INDICATION DES OUVRAGES REÇUS PENDANT L'ANNÉE 1904

(Les ouvrages dont le format n'est pas indiqué sont in-8°.)
(L'absence de date de publication indique que l'ouvrage a paru dans l'année inscrite à la suite de la tomaison ou dans le courant de l'année 1904.)

AFRIQUE.

Algérie.

BONE.

Académie d'Hippone.
BULLETIN : XXX (1903).
COMPTES RENDUS DES RÉUNIONS : 1901-1902.

Colonie du Cap.

CAPE TOWN.

South African Museum.
ANNALS : III, 4-5; IV, 1-6 (Londres, 1903-04).

Égypte.

LE CAIRE.

Institut égyptien.
BULLETIN.

État indépendant du Congo.

Musée du Congo
ANNALES : Zoologie, 3e série, I, 1 ; II, 1 ; III, 1 (in-4°).

Natal.

PIETERMARITZBURG.

Geological Survey of Natal and Zululand.
REPORT : II (in-4°. Londres, 1904).

ASIE.

Inde anglaise.

CALCUTTA.

Asiatic Society of Bengal.

JOURNAL : II Natural history, etc. : LXXII, 1903, 1-4; LXXIII, 1904, 1.
III ANTHROPOLOGY AND COGNATE SUBJECTS : LXXII, 1903, 1-2; LXXIII, 1904, 1.

PROCEEDINGS : 1902, 11 extra; 1903, 1-11; 1905, 1-5.

Geological Survey of India.

GENERAL REPORT ON THE WORK CARRIED ON FOR THE YEAR : 1902-1903.

MEMOIRS : XXXIV, 3; XXXV, 2-3; XXXVI, 1.

PALÆONTOLOGIA INDICA : Série 9, III, 2, n° 1 ; série 15, I, 5; IV (in-4°. 1903-04).

RECORDS : Contents and Index of volumes XXI-XXX, 1887-1897; XXXI, 1904, 1-2.

Indian Museum.

MADRAS.

Madras Government Museum.

BULLETIN : V, 1 (1903).

Japon.

TOKIO.

Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ost-Asiens.

MITTHEILUNGEN : Supplément : Geschichte des Christentums in Japon : II (1904).

Imperial University of Japan.

THE JOURNAL OF THE COLLEGE OF SCIENCE : XIV; XVII, 12; XVIII, 4-8; XIX, 2-4, 8-20; XX, 1-2.

AMÉRIQUE.

Brésil.

PARA.

Museu Goeldi de Historia natural e ethnographia (Museu paraense).

BOLETIM : IV, 1-3.

RIO DE JANEIRO.

Museu nacional do Rio de Janeiro.

ARCHIVOS : (In-4°).

REVISTA : (In-4°).

RIO DE JANEIRO. (*Suite.*)

Observatorio do Rio de Janeiro.
ANNUARIO : XX, 1904.
BOLETIM MENSAL.

SAINT-PAUL.

Museu Paulista.
REVISTA.

Sociedade scientifica de S. Paulo.
RELATORIO DE DIRECTORIA : 1903-1904.

Canada.

HALIFAX.

Nova Scotian Institute of Natural sciences.
PROCEEDINGS AND TRANSACTIONS.

OTTAWA.

Commission géologique du Canada.
CATALOGUE OF CANADIAN BIRDS.
RAPPORT ANNUEL.
MAPS.

SAINT-JOHN.

Natural history Society of New Brunswick.
BULLETIN.

TORONTO.

Canadian Institute.
PROCEEDINGS.
TRANSACTIONS.

Chili.

SANTIAGO.

Deutscher wissenschaftlicher Verein zu Santiago.
VERHANDLUNGEN.

Société scientifique du Chili.
ACTES : XIII, 1903, 4-5.

VALPARAISO.

Museo de Historia natural de Valparaiso.
BOLETIN.

Revista chilena de Historia natural (Organo del Museo).

Costa Rica.

SAN JOSE.

Instituto Fisico-geografico de Costa Rica.
BOLETIN : I, 29-31, 33-36 (1903).

Cuba.

HAVANE.

Academia de Ciencias médicas, fisicas y naturales de La Habana.
ANALES.

États-Unis.

AUSTIN, TEX.

Geological Survey of Texas.

BALTIMORE, MARYL.

John's Hopkins University.
CIRCULARS : (In-4°).
STUDIES OF THE BIOLOGICAL LABORATORY.

Maryland Geological Survey.
I-V, 1897-1903.

BERKELEY, CAL.

University of California.
ANNOUNCEMENT OF PUBLICATIONS (1904).
PUBLICATIONS : Zoology : I, 2-4 ; Bulletin of the department of Geology, III, 1-14.

BOSTON, MASS.

American Academy of Arts and Sciences.
MEMOIRS : V, 8-9 (1902, in-4°).
PROCEEDINGS : XXXIX, 1903-04, 5-19, 21-24; XL, 1-11.

Boston Society of Natural history.
MEMOIRS : (In-4°).
PROCEEDINGS.

The Nautilus, A MONTHLY DEVOTED TO THE INTEREST OF CONCHOLOGISTS : XVII, 1903-04, 9-12; XVIII, 1904-05, 1-7, 10.

BROOKLYN, N. Y.

Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences
COLD SPRING HARBOR MONOGRAPHS : 1-2.
MEMOIRS OF NATURAL SCIENCES : I, 1 (1904).
SCIENCE BULLETIN.

BROOKVILLE, IND.

Indiana Academy of Science.
PROCEEDINGS.

BUFFALO, N. Y.

Buffalo Society of Natural sciences.
BULLETIN : VIII, 1-3.

CAMBRIDGE, MASS.

Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College.

ANNUAL REPORT OF THE KEEPER TO PRESIDENT AND FELLOWS : 1902-03; 1903-04.

BULLETIN : XXXIX, 9; XLI, 2; XLII, 5; XLIII, 1-3; XLIV; XLV, 1-4; XLVI, 1-3.

CHAPEL HILL, N.-C.

Elisha Mitchell scientific Society.

JOURNAL : XX, 1-4.

CHICAGO, ILL.

Chicago Academy of Sciences.

ANNUAL REPORT.

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL AND NATURAL HISTORY SURVEY.

CINCINNATI, OHIO.

Cincinnati Society of Natural history.

JOURNAL : XX, 4.

DAVENPORT, IOWA.

Davenport Academy of Natural sciences.

PROCEEDINGS.

DENVER, COL.

Colorado scientific Society.

PROCEEDINGS : VII, pp. 267-340.

DETROIT, MICH.

Geological Survey of Michigan.

REPORT : VIII, 1900-03 (in-4°. Lansing, 1903).

INDIANAPOLIS, IND.

Geological Survey of Indiana.

Indiana Academy of Science.

PROCEEDINGS : 1902; 1903.

LAWRENCE, KAN.

University of Kansas.

SCIENCE BULLETIN : II, 1-15 (Bulletin : IV, 6, 8-9 (1903).

MADISON, WISC.

Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters.

TRANSACTIONS : XIII, 1901, 2; XIV, 1902, 1.

Wisconsin Geological and Natural history Survey.

BULLETIN : Economic series : 5-6; XI; XIII.

MERIDEN, CONN.

Scientific Association.

TRANSACTIONS.

MILWAUKEE, WISC.

Public Museum of the City of Milwaukee.

ANNUAL REPORT OF THE BOARD OF TRUSTEES : XXI, 1902-03.

Wisconsin Natural history Society.

BULLETIN : Nouvelle série, III, 1-2 (1903).

PROCEEDINGS.

MINNEAPOLIS, MINN.

Minnesota Academy of Natural sciences.

BULLETIN.

OCCASIONAL PAPERS.

MISSOULA, MONT.

University of Montana.

ANNUAL REPORT OF THE PRESIDENT : 1901-02 (n° 11); 1902-03 (n° 20).

BULLETIN : I, 7, 14, 17-19, 21-22 (1903-04).

REGISTER : VIII, 1902-03; IX, 1903-04.

NEW HAVEN, CONN.

Connecticut Academy of Arts and Sciences.

TRANSACTIONS.

NEW YORK, N. Y.

New York Academy of Sciences (late Lyceum of Natural history).

ANNALS.

MEMOIRS : (In-4°).

TRANSACTIONS.

American Museum of Natural history.

ANNUAL REPORT OF THE PRESIDENT : 1903.

BULLETIN : XVIII, 1902, 2; XIX, 1903.

MEMOIRS : I, 8 (1903, in-4°).

PHILADELPHIE, PA.

Academy of Natural sciences of Philadelphia.

PROCEEDINGS : LV, 1903, 2; LVI, 1904, 2.

American philosophical Society.

PROCEEDINGS FOR PROMOTING USEFUL KNOWLEDGE : XLII, 1903, n° 174; XLIII, 1904, 175-177.

TRANSACTIONS FOR PROMOTING USEFUL KNOWLEDGE : (In-4°).

University of Pennsylvania.

CONTRIBUTIONS FROM THE ZOOLOGICAL LABORATORY : X, 1903, et supplément (Iena, 1903).

Wagner free Institute of Science of Philadelphia.

TRANSACTIONS : III, 4 (1903, in-4°).

The American Naturalist.

PORTLAND, MAINE.

Portland Society of Natural history.

PROCEEDINGS.

ROCHESTER, N. Y.

Rochester Academy of Science.

PROCEEDINGS : IV, pp. 137-138.

SAINT-LOUIS, MO.

Academy of Natural sciences of Saint-Louis.

TRANSACTIONS : XII, 9-10; XIII, 1-9; XIV, 1-6.

SALEM, MASS.

Essex Institute.

BULLETIN.

SAN-DIEGO, CAL.

West American Scientist (A popular monthly Review and Record for the Pacific coast).

XIII, 2-4 (nos 117-119); XIV, 1-5 (nos 120-124); XV, 1-2 (nos 125-126).

SAN-FRANCISCO, CAL.

California Academy of Natural Sciences.

MEMOIRS : (In-4°).

OCCASIONAL PAPERS.

PROCEEDINGS : Zoology : III, 5-6 (1903).

California State Mining Bureau.

BULLETIN.

SPRINGFIELD, ILL.

Geological Survey of Illinois.

TUFTS COLLEGE, MASS.

Tufts College Studies.

Scientific series : 8.

UNIVERSITY, ALA.

Geological Survey of Alabama.

BULLETIN : VIII (Montgommery, 1904).

INDEX TO THE MINERAL RESOURCES OF ALABAMA.

WASHINGTON, D. C.

Philosophical Society of Washington.

BULLETIN : XIV, 276-233.

Smithsonian Institution.

ANNUAL REPORT TO THE BOARD OF REGENTS : 1902; 1903.

BULLETIN OF THE NATIONAL MUSEUM : n° 51 (1902).

REPORT OF THE U. S. NATIONAL MUSEUM : 1902.

SMITHSONIAN CONTRIBUTIONS TO KNOWLEDGE : (In-4°).

SMITHSONIAN MISCELLANEOUS COLLECTIONS.

WASHINGTON, D. C. (*Suite.*)

U. S. Department of Agriculture.

REPORT OF THE SECRETARY OF AGRICULTURE.

YEARBOOK : 1903.

U. S. Department of the Interior. United States Geological Survey.

ANNUAL REPORT TO THE SECRETARY OF THE INTERIOR.

BULLETIN : Nos 209-217 (1903).

MINERAL RESOURCES OF THE UNITED STATES.

MONOGRAPHS : XLIV; XLV et atlas (in-4°).

PROFESSIONAL PAPERS : 9-10 (1903, in-4°).

WATER-SUPPLY AND IRRIGATION PAPERS : Nos 80-85.

Mexique.

MEXICO.

Instituto geológico de México.

BOLETIN : (in-4°).

PAREGONES : I, 2-6.

Museo nacional de México.

ANALES : (In-4°).

Secretaría de Fomento, Colonización é Industria de la República Mexicana.

BOLETIN DE AGRICULTURA, MINERIA É INDUSTRIAS : III, 2 (1-4, 6) : 3 (1-4, 6); 4 (1-4, 6); 5 (1-4, 6); 6 (1-4, 6); 7 (1-4, 6).

Sociedad científica « Antonio Alzate ».

MEMORIAS Y REVISTA : XVIII, 1903, 3-6; XIX, 1903, 2-4.

Sociedad mexicana de Historia natural.

« LA NATURALEZA » : III, 5-10 (1900-03, in-4°).

Pérou.

LIMA.

Cuerpo de Ingenieros de Minas del Péru.

BOLETIN : 3-4, 6-9, 12, 14, 16-17 (1903-04).

République Argentine.

BUENOS-AIRES.

Museo nacional de Buenos-Aires.

ANALES : V (2e série, II), 1896-97 ; 3e série, II; III.

COMUNICACIONES.

Sociedad científica Argentina.

ANALES : LVI, 1903, 4-6 ; LVII, 1904, 1-6; LVIII, 1904, 1-6.

CORDOBA.

Academia nacional de Ciencias en Córdoba.

BOLETIN.

LA PLATA.

Museo de La Plata.

REVISTA.

San Salvador.

SAN SALVADOR.

Museo nacional.

ANALES : I, 1903, 4-9.

Uruguay.

MONTEVIDEO.

Museo nacional de Montevideo.

ANALES : 2e série, I (in-4°).

SECCION HISTORICO-FILOSOFICA : I.

EUROPE.

Allemagne.

AUGSBOURG.

Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben und Neuburg (a. V.) in Augsburg (früher Naturhistorischer Verein).

BERICHT : XXXVI, 1904.

BERLIN.

Deutsche geologische Gesellschaft.

ZEITSCHRIFT : LV, 1903, 3-4 ; LVI, 1904, 1-3 ; Register, I-L (1848-1898).

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

ZEITSCHRIFT : 1904, 1-10.

Königlich-preussische Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

SITZUNGSBERICHTE : 1903, 41-53 ; 1904, 1-55.

Königlich-preussische geologische Landesanstalt und Bergakademie zu Berlin.

JAHRBUCH : XXII, 1901.

BONN.

Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande, Westfalens und des Reg.-Bezirks Osnabruck.

VERHANDLUNGEN : LVIII, 1901, 1 ; LX, 1903, 1-2 ; LXI, 1904, 1.

SITZUNGSBERICHTE DER Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn : 1901 ; 1903, 1-2 ; 1904, 1.

BRÈME.

Naturwissenschaftlicher Verein zu Bremen.

ABHANDLUNGEN : XVII, 8.

BRESLAU.

Schlesische Gesellschaft für vaterländische Cultur.

JAHRES BERICHT : LXXXI, 1903.

LITTERATUR DER LANDES- UND VOLKSKUNDE DER PROVINZ SCHLESIEN.

DIE HUNDERTJAHRFEIER : Geschichte der Gesellschaft.

BRUNSWICK.

Verein für Naturwissenschaft zu Braunschweig.

JAHRESBERICHT : IX, 1893-95; XIII, 1901-03.

CARLSRUHE.

Naturwissenschaftlicher Verein in Karlsruhe.

VERHANDLUNGEN : XVII, 1903-04.

CASSEL.

Verein für Naturkunde zu Kassel.

ABHANDLUNGEN UND BERICHT.

CHEMNITZ.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft zu Chemnitz.

BERICHT.

COLMAR.

Naturhistorische Gesellschaft in Colmar.

MITTHEILUNGEN.

DRESDE.

Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis in Dresden.

SITZUNGSBERICHTE UND ABHANDLUNGEN : 1903, janv.-déc.; 1904, janv.-juin.

ELBERFELD.

Naturwissenschaftlicher Verein in Elberfeld.

JAHRESBERICHTE.

FRANCFORT-SUR-LE-MEIN.

Deutsche malakozoologische Gesellschaft.

NACHRICHTSBLATT : XXXVI, 1904, 1-4.

Senckenbergische Naturforschende Gesellschaft in Frankfurt a/Mein.

BERICHT : 1868-69; 1869-70; 1870-71; 1873-74; 1875-76; 1876-77; 1877-78; 1878-79; 1880-81; 1881-82; 1882-83; 1884-1904.

FRANCFORT-SUR-L'ODER.

Naturwissenschaftlicher Verein des Regierungsbezirks Frankfurt a. O. (Museums Gesellschaft).

« HELIOS » (Abhandlungen und monatliche Mittheilungen aus dem Gesammtgebiete der Naturwissenschaften) : XXI (Berlin, 1904).

« SOCIETATUM LITTERÆ » (Verzeichniss der in den Publikationen der Akademien und Vereine aller Länder erscheinenden Einzelarbeiten auf dem Gebiete der Naturwissenschaften).

FRIBOURG-EN-BRISGAU.

Naturforschende Gesellschaft zu Freiburg i. B.

BERICHTE : XIV.

GIESSEN.

Oberhessische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde.

BERICHT.

GREIFSWALD.

Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen.

MITTHEILUNGEN : XXXV, 1903 (Berlin, 1904).

GÜSTROW.

Verein der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg.

ARCHIV : LVII, 1903, 2; LVIII, 1904, 1.

HALLE.

Kaiserliche Leopoldino-Carolinische deutsche Akademie der Naturforscher.

« LEOPOLDINA » : (In-4°).

NOVA ACTA : (In-4°).

Verein für Erdkunde zu Halle a/Saale.

MITTHEILUNGEN (Zugleich ORGAN DES THÜRINGISCH-SÄCHSISCHEN GESAMMTVEREINS FÜR ERDKUNDE).

HAMBOURG.

Hamburgische wissenschaftliche Anstalten.

MITTHEILUNGEN AUS DEM NATURHISTORISCHEN MUSEUM IN HAMBURG : XX, 1902; XXI, 1903.

Verein für Naturwissenschaftliche Unterhaltung zu Hamburg.

VERHANDLUNGEN : XII, 1900-03.

HANAU.

Wetterauische Gesellschaft für die gesammte Naturkunde zu Hanau a. M.

BERICHT : 1899-1903.

HEIDELBERG.

Naturhistorisch-medizinischer Verein zu Heidelberg.

VERHANDLUNGEN : Nouvelle série, VII, 3-5; VIII, 1.

KIEL.

Naturwissenschaftlicher Verein für Schleswig-Holstein.

SCHRIFTEN : Register zu Bänder I-XII.

KŒNIGSBERG.

Königliche physikalisch-ökonomische Gesellschaft zu Königsberg in Pr.

SCHRIFTEN : XLIV, 1903 (in-4°).

LEIPZIG.

Königlich-sächsische Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.

BERICHTE ÜBER DIE VERHANDLUNGEN (MATHEMATISCH-PHYSISCHE CLASSE : LVI, 1904, 1-4.

LEIPZIG. (*Suite.*)

Naturforschende Gesellschaft zu Leipzig.

SITZUNGSBERICHTE : XXVIII-XXIX, 1901-1902.

Zeitschrift für Naturwissenschaften, herausgegeben von Dr G. Brandes. Organ des naturwissenschaftlichen Vereins für Sachsen und Thüringen.)

Zoologischer Anzeiger (Organ der Deutschen zoologischen Gesellschaft).

XXVII, 1903-04, 9-26; XXVIII, 1.

Fürstlicht Jablonowski'sche Gesellschaft.

JAHRESBERICHT.

METZ.

Académie des Lettres, Sciences, Arts et Agriculture de Metz. (Metzer Akademie.)

MEMOIRES : 2e période, 82e année, 3e série, XXX, 1900-01; 83e année, XXXI, 1901-02.

Société d'Histoire Naturelle de Metz.

BULLETIN : XXIII (2e série, XI).

MUNICH.

Königlich-bayerische Akademie der Wissenschaften zu München.

ABHANDLUNGEN DER MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHEN CLASSE : XXII, 1903, 1 (in-4°).

FESTREDE : Justus von Liebig nach dem Leben gezeichnet (in-4°, 1903).

REDE : Ueber wissenschaftliche Wahrheit (in-4°, 1902).

SITZUNGSBERICHTE DER MATHEMATISCH-PHYSIKALISCHEN CLASSE : 1903, 4-5; 1904, 1-2.

MUNSTER.

Westfälischer provinzial Verein für Wissenschaft und Kunst.

JAHRESBERICHT.

NUREMBERG.

Naturhistorische Gesellschaft zu Nürnberg.

ABHANDLUNGEN : XV, 2 (Jahresbericht : 1903).

OFFENBACH-SUR-MEIN.

Offenbacher Verein für Naturkunde.

BERICHT ÜBER DIE THÄTIGKEIT.

RATISBONNE.

Naturwissenschaftlicher Verein zu Regensburg, früher Zoologisch-mineralogischer Verein.

BERICHTE.

STUTTGART.

Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg.

JAHRESHEFTE : LX, 1904, et suppl. 1-2.

WERNIGERODE.

Naturwissenschaftlicher Verein des Harzes.

SCHRIFTEN.

WIESBADE.

Nassauischer Verein für Naturkunde.

JAHRBÜCHER : LVII, 1904.

ZWICKAU.

Verein für Naturkunde zu Zwickau in Sachsen.

JAHRESBERICHT : 42e année, XXXIII, 1903.

Autriche-Hongrie.

AGRAM.

Jugoslavenska Akademija Znanosti i Umjetnosti.

DJELA : (In-4°).

LJETOPIS : XVIII, 1903

RAD (MATEMATICKO-PRIRODOSLOVNI RAZRED) : XXXIII ; XXXIV (1903).

Hrvatsko naravoslovno Društvo. (Societas historico-naturalis croatica.)

GLASNIK : XIV, 1-2 ; XV, 1-2 ; XVI (1902-03).

BRUNN.

Naturforschender Verein in Brünn.

BERICHT DER METEOROLOGISCHEN COMMISSION : Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen : XXI, 1901.

VERHANDLUNGEN : XLI, 1902.

BUDAPEST.

Königlich Ungarische geologische Anstalt.

ERLÄUTERUNGEN ZUR GEOLOGISCHEN SPECIALKARTE DER LÄNDER DER UNGARISCHE KRONE.

JAHRESBERICHT : 1901 ; 1902

KATALOG DER BIBLIOTHEK UND ALLGEMEINEN KARTENSAMMLUNG : 4e supplément, 1892-96 (1897).

MITTHEILUNGEN AUS DEM JAHRBUCHE.

PUBLIKATIONEN : A magyar pontusi emelet atalanos és öslenytani irodalnu (1904).

Magyar nemzeti Muzeum.

ANNALES : I, 1903, 2 ; II, 1904, 1-2.

TERMÉSZETRAJZI FÜZETEK.

Ungarische Akademie der Wissenschaften (Kir. Magy. Természettudományi Társulat).

AQUILA : VII, 1900 ; VIII, 1901 ; IX, 1902 ; X, 1903 (in-4°).

MATHEMATISCHE UND NATURWISSENSCHAFTLICHE BERICHTE AUS UNGARN : XVII, 1899 ; XVIII, 1900 ; XIX, 1901 (Leipzig, 1901-04).

Ungarische geologische Gesellschaft (A Magyartoni földtani Tarsulat).

FOLDTANI KÖZLÖNY (GEOLOGISCHE MITTHEILUNGEN) : XXXIII, 1903, 10-12 ; XXXIV, 1904, 1-12.

GRATZ.

Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark.

MITTEILUNGEN : XL, 1903.

HERMANNSTADT.

Siebenbürgischer Verein für Naturwissenschaften in Hermannstadt.

ABHANDLUNGEN : I; II (1902).

VERHANDLUNGEN UND MITTHEILUNGEN : LII, 1902.

IGLÓ.

Ungarischer Karpathen-Verein (A Magyarországi Kárpátegyesület).

JAHRBUCH : XXXI, 1904.

INNSPRUCK.

Naturwissenschaftlich-medicinischer Verein in Innsbrück.

BERICHTE : XXVIII, 1902-03.

KLAGENFURT.

Naturhistorisches Landesmuseum von Kärnten.

CARINTHIA : II (XCIII, 1903, 4-6; XCIV, 1904, 1-6).

DIAGRAMME DER MAGNETISCHEN UND METEOROLOGISCHEN BEOBACHTUNGEN ZU KLAGENFURT : (In-4°).

JAHRBUCH.

JAHRESBERICHT.

KLAUSEMBURG.

Értesitö. Az Erdélyi Múzeum-Egylet Orvos természettudományi Szakosztalyából. (Sitzungsberichte der medicinisch-naturwissenschaftlicher Section des Siebenburgischen Museumvereins.)

I ORVOSI SZAK (ÄRZTLICHE ABTHEILUNG).

II TERMÉSZETTUDOMANYI SZAK NATURWISSENSCHAFTLICHE ABTHEILUNG) : 28e année, XXV, 1903, 1-3; 29e année, XXVI, 1904, 1-2.

LEMBERG.

Ševčenko-Gesellschaft der Wissenschaften.

CHRONIK : 1903, 1-3, 6 (nos 13-16); 1904, 1-3 (nos 17-19).

SAMMELSCHRIFT : Mathematisch-naturwissenschaftlich-ärztlicher Section : (Mathematisch-naturwissenschaftlicher Theil).

LINZ.

Museum Francisco-Carolinum.

JAHRES-BERICHT : LXII, 1903.

Verein für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns zu Linz.

JAHRESBERICHT : XXXIII, 1904.

PRAGUE.

Kaiserlich-böhmische Gesellschaft der Wissenschaften.

JAHRESBERICHT : 1903.

SITZUNGSBERICHTE MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE : 1903.

REICHENBERG.

Verein der Naturfreunde in Reichenberg.

MITTHEILUNGEN : XXXV.

SERAJEVO.

Bosnisch-Hercegovinisches Landesmuseum in Sarajevo.

WISSENSCHAFTLICHE MITTHEILUNGEN AUS BOSNIEN UND DER HERCEGOVINA : (In-4°).

TREMCSÉN.

Naturwissenschaftlicher Verein des Trencséner Comitates. (A Tremcsén vármegyei Természettudományi Egylet).

JAHRESHEFT : XXV-XXVI, 1902-03.

TRIESTE.

Museo civico di Storia Naturale di Trieste.

ATTI.

Societá adriatica di Scienze Naturali in Trieste.

BOLLETTINO.

VIENNE.

Kaiserlich-königliche Akademie der Wissenschaften.

MITTHEILUNGEN DER ERDBEBEN-COMMISSION.

SITZUNGSBERICHTE (MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE).

Kaiserlich-königliche geologische Reichsanstalt.

ABHANDLUNGEN : XVII, 6 (1903, in-4°).

JAHRBUCH : LII, 1902, 3-4; LIII, 1903, 1-3.

VERHANDLUNGEN : 1903, 12-18; 1904, 1-15.

Kaiserlich-königliches naturhistorisches Hofmuseum.

ANNALEN : (In-4°).

Kaiserlich-königliche zoologisch botanische Gesellschaft in Wien.

VERHANDLUNGEN : LIII, 1903; LIV, 1904.

Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien.

SCHRIFTEN.

Wissenschaftlicher Club in Wien.

JAHRESBERICHT : XXVIII, 1903-04.

MONATSBLÄTTER : XXV, 1903-04, 1-12; XXVI, 1904-05, 1-3.

Belgique.

ARLON.

Institut archéologique du Luxembourg.

ANNALES.

BRUXELLES.

Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique.

ANNUAIRE : LXX, 1904.

BULLETIN DE LA CLASSE DES SCIENCES : 1903, 11-12; 1904, 1-12.

MÉMOIRES : LIV, 6 (in-4°).

BRUXELLES. (*Suite.*)

Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique.

Mémoires (classe des sciences) : I, 1-2 (in-4°).

Mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers : LXII, 5-7 (in-4°).

Mémoires couronnés et autres mémoires : LXIII; LXIV; LXV, 1-2; LXVI (in-8°).

Expédition antarctique belge.

Note relative aux rapports scientifiques (Anvers, 1902, in-4°).

Résultats du voyage du « S. V. Belgica », en 1897-1899 : Océanographie : Détermination de la densité de l'eau de mer, par Thoulet; Rapport sur les densités de l'eau de mer observées à bord de *La Belgica*, par Arctowski et Thoulet (Anvers, 1902, in-4°).

Le Mouvement géographique, Journal populaire des sciences géographiques. Organe des intérêts belges au Congo (in-4°).

Musée Royal d'Histoire naturelle de Belgique.

Annales : (In-4°).

Bulletin.

Observatoire royal de Belgique.

Annuaire astronomique : 1905.

Bulletin mensuel du Magnétisme terrestre : 1903 : nov.

Service géologique.

Carte géologique de la Belgique au 40,000e : feuilles 107, 120-121, 124-125, 132, 137-140, 151, 162, 177 (plano).

Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie.

Bulletin : XVII (2e série, VII), 1903, 5-6; XVIII (VIII), 1904, 1-3.

Nouveaux mémoires : (In-4°).

Société belge de Microscopie.

Annales.

Bulletin.

Société centrale d'Agriculture de Belgique.

Journal : LI, 1903-04, 2-12; LII, 1904-05, 1-2.

Société d'Études coloniales.

Bulletin.

Société entomologique de Belgique.

Annales : XLVIII, 1904, 1-12.

Mémoires : X; XI (1903).

Société Royale belge de Géographie.

Bulletin : XXVII, 1903, 6; XXVIII, 1904, 1-6.

Société Royale de Botanique de Belgique.

Bulletin : XLI, 1902-03, 3.

Société Royale linnéenne de Bruxelles.

Bulletin : XXIX, 1903-04, 2-5; 8-10; XXX, 1904-05, 1-2.

BRUXELLES. (*Suite.*)

Société Royale Malacologique de Belgique.

ANNALES : XXXVIII, 1903, Biogr., ff 1-2; Mém., ff. 1-5; Bull., ff. 10-13; XXXIX, 1904; Bull., ff. 1-10.

Société Scientifique de Bruxelles.

ANNALES : XXVIII, 1903-04, 1-4. Table analytique des vingt-cinq premiers volumes, 1875-1901 (Louvain, 1904).

CHARLEROI.

Société paléontologique et archéologique de l'Arrondissement judiciaire de Charleroi.

DOCUMENTS ET RAPPORTS : XXVI, 1903.

HASSELT.

Société chorale et littéraire des Mélophiles de Hasselt.

BULLETIN DE LA SECTION SCIENTIFIQUE ET LITTÉRAIRE : XXXVIII.

HUY.

Cercle des Naturalistes hutois.

BULLETIN : 1904, 1-3.

LIÈGE.

Société Géologique de Belgique.

ANNALES : XXX, 2; XXXI, 1-3.

MÉMOIRES : II, 1 (in-4°).

Société libre d'Émulation de Liége.

MÉMOIRES.

Société médico-chirurgicale de Liége.

ANNALES : XLII (5e série), 1903, 12; XLIII, 1904, 1-12.

Société Royale des Sciences de Liége.

MÉMOIRES : 3e série, V (Bruxelles, 1904).

MONS.

Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut.

MÉMOIRES ET PUBLICATIONS : LV (6e série, V).

SAINT-NICOLAS.

Oudheidskundige Kring van het Land van Waes.

ANNALEN : XXII, 2; XXIII, 1.

TONGRES.

Société scientifique et littéraire du Limbourg.

BULLETIN.

Danemark.

COPENHAGUE.

Naturhistorisk Forening i Kjöbenhavn.

VIDENSKABELIGE MEDDELELSER : 7e série, VII, 1904.

Espagne.

BARCELONE.

Institució Catalana d'Historia natural.

BUTTLETI : II, 1903, 22-23, 25-26 ; 2e période : 1-9.

MADRID.

Comisión del Mapa geológico de España.

BOLETIN.

EXPLICACION DEL MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA : V (in-4°).

MEMORIAS.

Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales.

ANNUARIO : 1904.

MEMORIAS : XX (in-4°).

REVISTA : I, 1-8.

Sociedad española de Historia natural.

BOLETIN : III, 1903, 8-10 ; IV, 1904, 1-2.

MEMORIAS : II, 3-4.

SARAGOSSE.

Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales.

BOLETIN : III, 1904, 1-10.

France.

ABBEVILLE.

Société d'Émulation d'Abbeville.

BULLETIN TRIMESTRIEL.

MÉMOIRES : (In-4°).

MÉMOIRES.

AMIENS.

Société Linnéenne du Nord de la France.

MÉMOIRES.

BULLETIN MENSUEL.

ANGERS.

Société d'Études scientifiques d'Angers.

BULLETIN : Nouvelle série, XXXII, 1902 ; XXXIII, 1903.

Société nationale d'Agriculture, Sciences et Arts d'Angers. (Ancienne Académie d'Angers, fondée en 1685.)

MÉMOIRES : 5e série, VI, 1903.

ARCACHON.

Société scientifique et Station zoologique d'Arcachon.

TRAVAUX DES LABORATOIRES.

AUTUN.

Société d'Histoire naturelle d'Autun.

BULLETIN : XVI (1903).

AUXERRE.

Société des Sciences historiques et naturelles de l'Yonne.
BULLETIN : LVII (4e série, VII), 1903, 2.

BESANÇON.

Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Besançon.
PROCÈS-VERBAUX ET MÉMOIRES : 1903.

BÉZIERS.

Société d'Étude des Sciences naturelles de Béziers (Hérault).
BULLETIN.

BORDEAUX.

Académie nationale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux.
ACTES : 3e série, LXIV, 1902 (Paris, 1902).

Société Linnéenne de Bordeaux.
ACTES : LVIII (6e série, VIII), 1903.

Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux.
MÉMOIRES : 6e série, III.
OBSERVATIONS PLUVIOMÉTRIQUES ET THERMOMÉTRIQUES faites dans le département de la Gironde par la Commission météorologique de la Gironde (Appendices aux Mémoires) : 1902-03.
PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES : 1902-03.

BOULOGNE-SUR-MER.

Société Académique de l'arrondissement de Boulogne-sur-Mer.
BULLETIN : V, 1891-99.
MÉMOIRES : XIX; XXII (1903).
LE PATOIS BOULONNAIS COMPARÉ AVEC LE PATOIS DU NORD DE LA FRANCE (1901).

CAEN.

Académie nationale des Sciences, Arts et Belles-Lettres.
MÉMOIRES : 1903.

Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Caen.
BULLETIN.

Société Linnéenne de Normandie.
BULLETIN : 5e série, VII, 1903.

CAMBRAI.

Société d'Émulation de Cambrai.
MÉMOIRES : LVII (1903).

CHALONS-SUR-MARNE.

Société d'Agriculture, Commerce, Sciences et Arts du département de la Marne (Ancienne Académie de Châlons, fondée en 1750).
MÉMOIRES : 2e série, V, 1901-02.

CHALON-SUR-SAONE.

Société des sciences naturelles de Saône-et-Loire.

BULLETIN MENSUEL : XXIX (nouv. série, IX), 1903, 8-12; XXX (X), 1904, 1-6.

CHERBOURG.

Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg.

MÉMOIRES : XXXIII (4e série, III), 2.

DAX.

Société de Borda.

BULLETIN TRIMESTRIEL : XXVIII, 1903, 3-4; XXIX, 1904, 1-3.

DIJON.

Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon.

MÉMOIRES.

DRAGUIGNAN.

Société d'Agriculture, de Commerce et d'Industrie du Var.

BULLETIN.

Société d'Études scientifiques et archéologiques de la ville de Draguignan.

BULLETIN : XIII, 1900-01 (1902).

HAVRE.

Société géologique de Normandie, fondée en 1871.

BULLETIN : XXII, 1902; XXIII, 1903.

Société havraise d'Études diverses.

BIBLIOGRAPHIE MÉTHODIQUE DE L'ARRONDISSEMENT DU HAVRE : V, 2 (1902).

NOTICE SUR LA SOCIÉTÉ, SUIVIE DU CATALOGUE MÉTHODIQUE DE SES PUBLICATIONS : (1903).

RECUEIL DES PUBLICATIONS : LXVIII, 1901, 4; LXIX, 1902, 1-4.

BIO-BIBLIOGRAPHIE DES ÉCRIVAINS DE L'ARRONDISSEMENT DU HAVRE : 1-3 (1902).

LA ROCHELLE.

Académie des Belles-Lettres, Sciences et Arts de La Rochelle.

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE LA CHARENTE-INFÉRIEURE.

LILLE.

Société géologique du Nord.

ANNALES : XXXII, 1903.

MÉMOIRES : (In-4°).

LYON.

Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon.

ANNALES : 8e série, I, 1903.

Société botanique de Lyon.

ANNALES : XXVIII, 1903.

Société linnéenne de Lyon.

ANNALES : Nouvelle série, L, 1903.

MACON.

Académie de Macon (Société des Arts, Sciences, Belles-Lettres et Agriculture de Saône-et-Loire).

ANNALES : 3e série, VII (1902).

Société d'Histoire naturelle de Macon.

LE JOURNAL DES NATURALISTES : II, nos 13-16 (1903).

MARSEILLE.

Musée d'Histoire naturelle de Marseille.

ANNALES : Zoologie, Travaux du Laboratoire de zoologie marine : VIII, 1903 (in-4°).

Société scientifique et industrielle de Marseille.

BULLETIN : XXXI, 1903, 3-4; XXXII, 1904, 1-2.

MONTPELLIER.

Société d'Horticulture et d'Histoire naturelle de l'Hérault.

ANNALES : XLIII (2e série, XXXV), 1903, 4-5; XLIV (XXXVI), 1904, 1-6.

MOULINS.

Revue scientifique du Bourbonnais et du centre de la France, publiée par E. Olivier.

XVII, 1904, nos 193-204.

NANCY.

Académie de Stanislas.

MÉMOIRES : CLIVe année, 6e série, XIX, 1903-04.

NANTES.

Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France.

BULLETIN : XIII (2e série, III), 1903, 3-4; XIV (IV), 1-2.

NÎMES.

Société d'Étude des Sciences naturelles de Nîmes.

BULLETIN : XXXI, 1903.

ORLÉANS.

Société d'Agriculture, Sciences, Belles-Lettres et Arts d'Orléans.

MÉMOIRES : 3e série, III, 1903, 2; IV, 1904, 1-2.

PARIS.

Académie des Sciences.

COMPTES RENDUS HEBDOMADAIRES DES SÉANCES : (In-4°).

Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, publié par A. Giard.

Journal de Conchyliologie, publié sous la direction de H. Fischer, Dautzenberg et Dollfus.

LI, 1903, 3-4; LII, 1904, 1-4.

La Feuille des Jeunes naturalistes.

XXXIV, 4e série, 1903-04, nos 399-410.

PARIS. (*Suite.*)

Le Naturaliste, Revue illustrée des Sciences naturelles.
XXVI (2e série), 1904, nos 408-422, 424-427 (in-4°).

Museum d'Histoire naturelle.
BULLETIN : IX, 1903, 5-8; X, 1904, 1-2.

Revue critique de Paléozoologie, publiée sous la direction de M. Cossmann.

Services de la Carte géologique de la France et des topographies souterraines.
BULLETIN : XII, 1900-01, 83-86; XIII, 1901-02, 87-91; XIV, 1902-03, 92-95; XV, 1903-04, 96-99.

Société géologique de France.
BULLETIN : 4e série, II, 1902, 5; III, 1903, 4-6; IV, 1904, 1-3.
COMPTES RENDUS DES SÉANCES.

Société zoologique de France.
BULLETIN : XXVIII, 1903.

PERPIGNAN.

Société agricole, scientifique et littéraire des Pyrénées-Orientales.
XLV, 1904, 1-2.

RENNES.

Société scientifique et médicale de l'Ouest.
BULLETIN.

ROCHECHOUART.

Société des Amis des Sciences et Arts de Rochechouart.
BULLETIN : XIII, 1903, 2-4; XIV, 1904, 1.

ROUEN.

Société des Amis des Sciences naturelles de Rouen.
BULLETIN : 4e série, XXXVIII, 1902, 1-2.

SAINT-BRIEUC.

Société d'Émulation des Côtes-du-Nord.
BULLETINS.
BULLETINS ET MÉMOIRES : XLI, 1903; XLII, 1904.

SEMUR.

Société des Sciences historiques et naturelles de Semur-en-Auxois (Côte-d'Or).
BULLETIN : 1902-03.

SOISSONS.

Société archéologique, historique et scientifique de Soissons.
BULLETIN : 3e série, X, 1901 (1904).

TOULON.

Académie du Var.
BULLETIN : LXXI, 1903.

TOULOUSE.

Université de Toulouse.

ANNUAIRE DE L'UNIVERSITÉ : 1901-02 : 1902-03 : 1903-04 ; 1904-05.

BULLETIN : N° 15.

RAPPORT ANNUEL DU CONSEIL GÉNÉRAL DES FACULTÉS : 1900-01 : 1901-02 ; 1902-03.

Sanatoriums et hôpitaux marins.

THÈSE : Esthiomène et lymphangiome, par L. Longeau-Lagrange (1902).

TOURS.

Société d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres du département d'Indre-et-Loire.

ANNALES : 142e année, LXXXIII, 1903, 1-12.

VALENCIENNES.

Société d'Agriculture, Sciences et Arts de l'arrondissement de Valenciennes.

REVUE AGRICOLE, INDUSTRIELLE, LITTÉRAIRE ET ARTISTIQUE : 53e année, LI, 1901, 1-12.

VERDUN.

Société philomatique de Verdun.

MÉMOIRES.

Grande-Bretagne et Irlande.

BELFAST.

Natural history and Philosophical Society.

REPORT AND PROCEEDINGS : 1903-04.

BIRMINGHAM.

The Journal of Malacology, edited by W. E. Collinge.

BRISTOL.

Bristol Museum.

REPORT OF THE MUSEUM COMMITTEE.

CROYDON.

Croydon Microscopical and Natural history Society.

PROCEEDINGS AND TRANSACTIONS : Fév. 1903-janv. 1904.

DUBLIN.

Royal Dublin Society.

ECONOMIC PROCEEDINGS : I, 4 (1903).

SCIENTIFIC PROCEEDINGS : Nouvelle série, X, 1 (1903).

SCIENTIFIC TRANSACTIONS : 2e série, VIII, 2-5 (in-4°, 1903).

Royal Irish Academy.

LIST OF MEMBERS.

PROCEEDINGS : Biological, geological and chemical Science, XXIV, section *B*, 4-5.

TRANSACTIONS : XXXII, section *B*, 3-4 (in-4°).

ÉDIMBOURG.

Royal physical Society of Edinburgh.

PROCEEDINGS FOR THE PROMOTION OF ZOOLOGY AND OTHER BRANCHES OF NATURAL HISTORY : 1902-04; XVI, 1904-05, 1.

GLASGOW.

Natural history Society of Glasgow.

TRANSACTIONS.

Royal Philosophical Society of Glasgow.

PROCEEDINGS : XXXV, 1903-04.

LEEDS.

Conchological Society of Great Britain and Ireland.

JOURNAL OF CONCHOLOGY : XI, 1904-05, 1-3.

Yorkshire Naturalist's Union.

TRANSACTIONS.

LIVERPOOL.

Liverpool Geological Society.

PROCEEDINGS : IX, 4 (45e session, 1903-04).

LONDRES.

Geological Society of London.

GEOLOGICAL LITERATURE added to the Geological Society's library during the year : 1903.

LIST OF THE FELLOWS : 1904.

QUARTERLY JOURNAL : LX, 1904, 1-4 (nos 237-240).

Linnean Society of London.

JOURNAL (ZOOLOGY) : XXIX, nos 189-190.

LIST : 1904-05.

PROCEEDINGS : 116e session, 1903-04.

Royal Society of London.

OBITUARY NOTICES OF FELLOWS : I, 1-3.

PROCEEDINGS : LXXII, nos 486-489; LXXIII, nos 490-496; LXXIV, nos 497-503.

REPORTS TO THE EVOLUTION COMMITTEE.

REPORTS TO THE MALARIA COMMITTEE.

REPORTS OF THE SLEEPING SICKNESS COMMISSION.

Zoological Society of London.

LIST OF THE FELLOWS.

PROCEEDINGS OF THE GENERAL MEETINGS FOR SCIENTIFIC BUSINESS : 1903, II, 1-2; 1904, I, 1-2.

TRANSACTIONS : (In-4°).

MANCHESTER.

Manchester Geological and Mining Society.

TRANSACTIONS.

Manchester Museum.

A BRIEF ACCOUNT OF THE COSMO MELVILL HERBARIUM (publication n° 54).

HANDBOOKS : Handy Guide to the Museum, 3e édition (1903).

THE PALÆONTOLOGY OF THE LANCASHIRE COAL MEASURES (publication n° 53).

NOTES FROM THE MUSEUM : 17-19 (publications nos 51-52, 55).

REPORT for the year 1903-04 (publication n° 53).

NEWCASTLE-SUR-TYNE.

Natural history Society of Northumberland, Durham and Newcastle-upon-Tyne and the Tyneside Naturalists' field Club.

NATURAL HISTORY TRANSACTIONS OF NORTHUMBERLAND, DURHAM AND NEW-CASTLE-ON-TYNE : Nouvelle série, I, 1.

PENZANCE.

Royal Geological Society of Cornwall.

TRANSACTIONS : XII, 9 (1904).

Italie.

BOLOGNE.

Reale Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna.

MEMORIE : 5e série, X (1902, in-4°).

RENDICONTO DELLE SESSIONI : Nouv. série, V, 1900-01, 1-4; VI, 1901-02, 1-4.

BRESCIA.

Ateneo di Brescia.

COMMENTARI : 1903.

CATANE.

Accademia Gioenia di Scienze naturali in Catania.

ATTI : LXXX, 4e série, XVI (1903, in-4°).

BULLETTINO DELLE SEDUTE : Nouvelle série, LXXIX-LXXXII.

FLORENCE.

Società Entomologica Italiana.

BULLETTINO.

GÊNES.

Museo Civico di Storia naturale di Genova.

ANNALI.

Società di Letture e Conversazione scientifiche di Genova.

BOLLETTINO.

MILAN.

Società Italiana di Scienze naturali e Museo civico di Storia naturale in Milano.

ATTI : XLII, 1902-03, 4; XLIII, 1903-04, 1-3.

MEMORIE : (In-4°).

MODÈNE.

Società dei Naturalisti e Matematici di Modena.

Atti.

NAPLES.

Museo zoologico della R. Università di Napoli.

Annuario : Nouvelle série, I, 1-20 (in-4°).

Reale Accademia delle Scienze fisiche e matematiche (Sezione della Società reale di Napoli).

Rendiconto : XLII (3e série, IX), 1903, 8-12; XLIII (X), 1904, 1-12.

Società di Naturalisti in Napoli.

Bollettino : Série I, XVII, 1903.

PADOUE.

Accademia scientifica Veneto-Trentina-Istriana.

Atti : Nouvelle série, I, 1.

Bullettino.

PALERME.

Reale Accademia di Scienze, Lettere e Belle Arti di Palermo.

Bullettino : (In-4°).

Atti : (In 4°).

PISE.

Società Malacologica Italiana.

Bullettino.

Società toscana di Scienze naturali residente in Pisa.

Atti : Memorie, XX.

Processi verbali : XIV, 1903, 1-5.

ROME.

Biblioteca nazionale centrale Vittorio Emanuele di Roma.

Bollettino delle opere moderne straniere acquistate dalle Biblioteche pubbliche governative del regno d'Italia.

Pontificia Accademia de' Nuovi Lincei.

Atti : LVII, 1903-04, 1-7 (in-4°).

Memorie : (In-4°).

Rassegna delle Scienze geologiche in Italia.

Reale Accademia dei Lincei.

Atti : Rendiconti (Clase di Scienze fisiche, matematiche e naturali) : CCC, 1903 (5e série, XII), 2e semestre, 12; CCCI, 1904 (XIII), 1er semestre, 1-4, 6-12; 2e semestre, 1-3, 5-12.

— Rendiconto dell' Adunanza solenne : CCCI, II, 1904 (in-4°).

Real Comitato Geologico d'Italia.

Bollettino.

Società Geologica Italiana.

Bollettino : XXII, 1903, 1-2; XXIII, 1904, 1.

Società Zoologica italiana.

Bollettino : XII (2e série, IV), 1903, 1-6; XIII (V), 1904, 1-6.

SIENNE.

Bollettino del Naturalista collettore, allevatore, coltivatore, acclimatatore.

XXIII, 1903, 9-12; XXIV, 1904, 1-9.

Revista italiana di Scienze naturali : XXIII, 1903, 9-12; XXIV, 1904, 1-10.

Reale Accademia dei Fisiocritici di Siena.

Atti : 4e série, XV, 1903 (année académique CCXII), 7-10; XVI, 1904 (CCXIII), 1-6.

Processi verbali delle Adunanze.

TURIN.

Reale Accademia delle Scienze di Torino.

Atti : XXXIX, 1903-04, 1-15.

Memorie : 2e série; LIII; LIV (in-4°).

Osservazioni meteorologiche fatti nell'anno all'Osservatorio della R. Università di Torino : 1903.

VENISE.

Reale Istituto veneto di Scienze, Letteri ed Arti.

Atti : LXI, 1901-02 (8e série, IV), 10 : LXII, 1902-03 (V), 1.

Memorie : XXVII, 1-2 (in-4°).

VÉRONE.

Accademia di Verona. (Agricoltura, Scienze, Lettere e Commercio.)

Atti e Memorie : LXXIX (4e série, IV).

Osserverzioni meteoriche : 1902.

Luxembourg.

LUXEMBOURG.

Institut Grand-Ducal de Luxembourg.

Publications (Section des Sciences naturelles et mathématiques) : XXVII (B).

Verein luxemburger Naturfreunde « Fauna ».

Mittheilungen aus den Vereinssitzungen : XIII, 1903.

Monaco.

MONACO.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par Albert Ier, prince souverain de Monaco.

XXV-XXVII (in-4°).

Cartes : (Plano).

Bulletin : I, 1904, 1-17; 20-22.

Norvège.

BERGEN.

Bergen-Museum.
Aarborg : 1903, 3 ; 1904, 1-2.
Aarsberetning : 1903.

CHRISTIANIA.

Physiographiske Forening i Christiania.
Nyt Magazin for Naturvidenskaberne : XLII, 1904, 1-4.

Videnskab Selskab i Christiania.
Forhandlinger : 1903.
Skrifter (I Mathematisk-naturvidenskabelige Klasse).
— (II Historisk-filosofiske Klasse).

Den Norske Nordhavs-Expedition 1876-1878.
Zoologi : (In-4°).

DRONTHEIM.

Kongelig norsk Videnskabs Selskab i Trondhjem.
Skrifter : 1903.

STAVANGER.

Stavanger Museum.
Aarsberetning : XIV, 1903.

TROMSÖ.

Tromsœ-Museum.
Aarsberetning.
Aarshefter : XXI-XXII, 1898-99, 2 (Drontheim, 1902) ; XXIV, 1901.

Pays-Bas.

AMSTERDAM.

Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.
Jaarboek : 1903.
Verhandelingen (Tweede sectie : Plantkunde, Dierkunde, Aardkunde, Delfstofkunde, Ontleedkunde, Physiologie, Gezondheidsleer en Ziektekunde) : X, 1-6.
Verslagen van de gewone vergaderingen der Wis- en Natuurkundige afdeeling : XII.
Verslag van de vergaderingen der Wis- en Natuurkundige afdeeling : XII, 1 (Mei-July).

Koninklijk zoologisch Genootschap « Natura Artis Magistra ».
Bijdragen tot de Dierkunde : 17-18 (in-4°).

GRONINGUE.

Centraal bureau voor de kennis van de provincie Groningen en omgelegen streken.

BIJDRAGEN TOT DE KENNIS VAN DE PROVINCIE GRONINGEN EN OMGELEGEN STREKEN : II, 2.

Natuurkundig Genootschap te Groningen.

VERSLAG : CIII, 1903.

HARLEM.

Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem.

ARCHIVES NÉERLANDAISES DES SCIENCES EXACTES ET NATURELLES : 2e série, IX, 1-5.

Teyler's Stichting.

ARCHIVES DU MUSÉE TEYLER : 2e série ; VIII, 5 ; IX, 1-2 (in-4°).

CATALOGUE DE LA BIBLIOTHÈQUE : III, 1888-1903.

LEIDE.

Nederlandsche Dierkundige Vereeniging.

AANWINSTEN VAN DE BIBLIOTHEEK.

TIJDSCHRIFT : 2e série, VIII, 2.

ROTTERDAM.

Bataafsch Genootschap der proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam.

CATALOGUS VAN DE BIBLIOTHEEK.

NIEUWE VERHANDELINGEN : 2e série, V (in-4°).

Portugal.

LISBONNE.

Servico geologico de Portugal.

COMMUNICAÇÕES DA COMMISSÃO : V, 1-12 (1903-04).

PORTO.

Sociedade Carlos Ribeiro.

REVISTA DE SCIENCIAS NATURAES E SOCIAES.

SAN FIEL.

Collegio de San Fiel.

« BROTERIA », REVISTA DE SCIENCIAS NATURAES : I, 1902 ; II, 1903, 3-4. (Lisbonne, 1902-03).

Ministerio da Marinha e Ultramar.

O AQUARIO VASCO DA GAMA : Sobre o estado desta establecimiento e a sua reorganização (1901).

Roumanie.

BUCHAREST.

Academia Română.

ANALELE : 2e série, XVI, 1903-04 (in-4°).

PUBLICATIUNILE FONDULUI VAŞILIE ADAMACHI.

Russie

EKATHÉRINENBOURG.

Uralskoe Obscestvo Ljubitelej Estestvoznanija.

ZAPISKI (Bulletin de la Société ouralienne d'Amateurs des Sciences naturelles) : XXIV (1903).

GODOVOJ OTCET.

HELSINGFORS.

Commission géologique de la Finlande.

BULLETIN : XIV.

Finska Vetenskaps Societeten.

ACTA SOCIETATIS SCIENTIARUM FENNICA : (In-4°).

BIDRAG TILL KANNEDOM AF FINLANDS NATUR OCH FOLK.

OBSERVATIONS PUBLIÉES PAR L'INSTITUT MÉTÉOROLOGIQUE CENTRAL DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES DE FINLANDE : (In-4°), 1891-92 (1904).

OBSERVATIONS FAITES A HELSINGFORS : (In-4°), XVI; XVII; XVIII; 1897-99 (1904).

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES : État des glaces et des neiges en Finlande pendant l'hiver 1892-93 (Kuopio, 1904), 1893-94 (Helsingfors, 1904), in-4°.

OVERSIGT AF FÖRHANDLINGAR.

Societas pro Fauna et Flora fennica.

ACTA.

MEDDELANDEN.

JURJEFF (DORPAT).

Naturforscher-Gesellschaft bei der Universität Jurjew.

ARCHIV FÜR DIE NATURKUNDE LIV-, EHST- UND KURLANDS : 2e série, BIOLOGISCHE NATURKUNDE.

SITZUNGSBERICHTE : XIII, 1901-02, 2 (1902).

SCHRIFTEN : XII (in-4°).

KAZAN.

Obscestvo Estestvoispytatelej pri Imperatorskom Kazanskom Universitet.

TRUDY.

PROTOKOLY ZASÈDANIJ.

KHARKOW.

Société des naturalistes à l'Université impériale de Kharkow.

TRAVAUX : XXXVIII, 1903, 1-2.

KIEV.

Kievskoe Obscestvo Estestvoispytatelej.

Zapiski : XVIII, 1 (1904).

MITAU.

Kurländische Gesellschaft für Literatur und Kunst.

Sitzungsberichte und Jahresbericht der Kurländischen Provinzialmuseums : 1903-04.

MOSCOU.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou.

Bulletin : 1902, 4; 1903, 2-4; 1904, 1.

ODESSA.

Novorossijskoe Obscestvo Estestvoispytatelej.

Zapiski : XXV, 1-2 (1904).

RIGA.

Naturforscher-Verein zu Riga.

Arbeiten.

Korrespondenzblatt : XLVII, 1903.

SAINT-PÉTERSBOURG.

Geologiceskij Komitet.

Izvèstija (Bulletins du Comité géologique) : XXII, 1903, 1-10.

Russkaja Geologicèskaja Biblioteka (Bibliothèque géologique de la Russie).

Trudy (Mémoires) : XIII, 4; XV, 1; XIX, 2; nouvelle série, 5, 9, 11-13, 15 (1903) (in-4°).

Imperatorskoe S. Petersburgskoe Mineralogiceskoe Obscestvo.

Zapiski (Verhandlungen der Russisch-Kaiserlichen Mineralogischen Gesellschaft zu St. Petersburg) : 2e série, XLI, 2 (1903).

Materiali : (Materialen zur Geologie Russlands) : XXI, 2 (2e sér. : XII, 1901.

Imperatorskaja Akademija Nauk.

Zapiski (Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg) (in-4°).

Izvèstija (Bulletin).

Ezegodnik Zoologiceskago Muzeja (Annuaire du Musée zoologique) : VIII, 1903, 2-4; IX, 1904, 1, 3.

Imperatorskaja Akademija Nauk.

Berichte der Leiters der von der K. Akad. der Wissensch. zur Ausgrabung eines Mammuthkadavers an die Kolyma-Beresowka ausgesandten Expedition (1902).

S. Peterburgskaja Obscestva Estestvoispytatelej.

Trudi : XXIV, 2; XXV, 1-2; XXVI, 1-4.

Protokoli : XXIX, 1898, 1-8; XXX, 1899, 1-8; XXXI, 1900, 1-8; XXXII, 1901, 1-8; XXXIII, 1902, 1-8; XXXIV, 1903, 1-8; XXXV, 1904, 1-6.

TIFLIS.

Kavkaskoe Muzeja.
Izvéstija.

Serbie.

BELGRADE.

Spska Kralevska Akademija.
Glas : LXVI.
Isdania : Geolochki Atlas Makedonie (plano, 1903).
Godinstnak.
Spomenik.

Suède.

GOTHEMBOURG.

Kongliga Vetenskaps och Vitterhets Samhälle i Göteborg.
Handlingar : 4e serie, V-VI.

LUND.

Lunds Universitets Kongliga Fysiografiska Sällskapet.
Handlingar (Acta regiæ Societatis Physiographicæ Lundensis).
Årsskrift : XXXVIII, 1902 (in-4o).

STOCKHOLM.

Konglig-Svenska Vetenskaps Akademien.
Archiv för Zoologi : I, 3-4; II, 1-2.
Handlingar : (In-4o).
Bihang till Handlingar : Afdelning IV : Zoologi, omfattande både lefvande och fossila former.
Ofversigt af Förhandlingar.

Sveriges Offentliga Bibliotek.
Accessions-Katalog : XVI, 1901.

UPSAL.

Regia Societas scientiarum Upsaliensis.
Nova Acta : 3e série, XX, 1904, 2 (in-4o).

Suisse.

AARAU.

Argauische naturforschende Gesellschaft zu Aarau.
Mitteilungen.

BALE.

Naturforschende Gesellschaft in Basel.
Verhandlungen : XV, 2.

BERNE.

Naturforschende Gesellschaft in Bern.

MITTEILUNGEN AUS DEM JAHRE : 1903, nos 1551-1564.

Schweizerische naturforschende Gesellschaft (Société helvétique des sciences naturelles — Società elvetica di scienze naturali).

ACTES.

ATTI : LXXXVI, Locarno, 1903 (Zurich, 1904).

VERHANDLUNGEN.

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ, herausgegeben von der geologischen Kommission der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft auf Kosten der Eidgenossenschaft : Nouvelle série, XIV. Série géotechnique : III (1903, in-4°).

CARTES GÉOLOGIQUES DE LA SUISSE.

NOTICES EXPLICATIVES.

COIRE.

Naturforschende Gesellschaft Graubünden's zu Chur.

JAHRES BERICHT : Nouvelle série, XLVI, 1902-03 et 1903-04.

GENÈVE.

Institut national genevois.

BULLETIN (Travaux des cinq sections).

MÉMOIRES : (In-4°).

Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève.

MÉMOIRES : XXXIV, 4 (in-4°).

LAUSANNE.

Société vaudoise des Sciences naturelles.

BULLETIN : 4e série, XXXIX, 1903, n° 148; XL, 1904, nos 149-151.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES faites au Champ de l'air : 1903.

NEUCHATEL.

Société neuchâteloise des Sciences naturelles.

BULLETIN : XXVIII, 1899-1900.

MÉMOIRES : (In-4°).

SAINT-GALL.

St-Gallische naturwissenschaftliche Gesellschaft.

BERICHT ÜBER DIE THÄTIGKEIT WÄHREND DES VEREINSJAHRS.

JAHRBUCH : 1901-02.

SCHAFFHOUSE.

Schweizerische entomologische Gesellschaft

MITTHEILUNGEN.

ZURICH.

Naturforschende Gesellschaft in Zürich.

VIERTELJAHRSSCHRIFT : XLVIII, 1903, 3-4; XLIX, 1904, 1-2.

Bibliothèque de l'École polytechnique fédérale. — Commission géologique suisse. (*Voir* Berne.)

OCÉANIE.

Australie du Sud.

ADELAÏDE.

Royal Society of South Australia.

MEMOIRS : (in-4°).

TRANSACTIONS AND PROCEEDINGS AND REPORT : XXVII, 2.

Iles Sandwich.

HONOLULU.

Bernice Pauahi Bishop Museum of polynesian Ethnology.

FAUNA HAWAIIENSIS : I. 4; III, 4 (Cambridge, 1903, in-4°).

MEMOIRS : (in-4°).

OCCASIONAL PAPERS : II, 1-2.

Indes néerlandaises.

BATAVIA.

Koninklijke Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch Indië.

AOEKWERKEN TER TAFEL GEBRACHT IN DE VERGADERING DER DIRECTIE.

NATUURKUNDIG TIJDSCHRIFT VOOR NEDERLANDSCH INDIË : LXIII (10e série, VII), 1903-04.

VOORDRACHTEN.

Mijnwezen in Nederlandsch Oost-Indië.

JAARBOEK : XXXII, 1903; XXXIII, 1904, 1-2, Atlas, Mappe (plano).

Nouvelle-Galles du Sud.

SYDNEY

Australian Museum.

CATALOGUES.

RECORDS : IV, 8; V, 2-4.

REPORT OF THE TRUSTEES : 1902; 1903-04 (in-4°).

Department of Mines and Agriculture.

ANNUAL MINING REPORT : (In-4°).

MEMOIRS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF N. S. W. : Geology, 3; Palæontology, 11 (avec atlas) (in-4°, 1902).

RECORDS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF N. S. W. : VII, 4 (1904).

GEOLOGICAL SURVEY : MINERAL RESOURCES.

SYDNEY. (*Suite.*)

Linnean Society of New South Wales.
PROCEEDINGS : XXVIII, 1903, 2-3 (nos 110-111) ; XXIX, 1904, 1-2 (nos 112-113).

Royal Society of New South Wales.
JOURNAL AND PROCEEDINGS.

Nouvelle-Zélande.

AUKLAND.

Aukland Institute.

WELLINGTON.

Colonial Museum and Geological Survey of N. Z.
ANNUAL REPORT ON THE COLONIAL MUSEUM AND LABORATORY.

New Zealand Institute.
TRANSACTIONS AND PROCEEDINGS.

Queensland.

BRISBANE

Royal Society of Queensland.
PROCEEDINGS : XVIII.

Tasmanie

HOBART.

Royal Society of Tasmania.
PAPERS AND PROCEEDINGS.

Victoria.

MELBOURNE.

Public library, Museums and National gallery of Victoria.
REPORT OF THE TRUSTEES : 1902 ; 1903.

Royal Society of Victoria.
PROCEEDINGS : Nouvelle série, XVI, 2 ; XVII, 1.
TRANSACTIONS : (In-4°).

LISTE DES MEMBRES

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES AU 31 DÉCEMBRE 1904

Abbréviations :

C.	= Correspondants.	H	= Honoraires.
E.	= Effectifs.	P	= Protecteurs
F.	= Fondateurs.	V	= A vie.

E. 1880. **Bayet**, Chevalier Ernest, Secrétaire du cabinet de S. M. le Roi des Belges. — 58, rue Joseph II, Bruxelles.

E. 1886. **Bourdot**, Jules, Ingénieur civil. — 44, rue de Château-Landon, Paris, X.

C. 1867. **Brusina**, Spiridione. Directeur du Musée national zoologique, Professeur à l'Université d'Agram. — Zagreb, Croatie (Hongrie).

H. 1888. **Buls**, Charles, ancien Bourgmestre de la ville de Bruxelles. — 36, rue du Beau-Site, Bruxelles.

E. 1897. **Carletti**, J.-T., Traducteur assermenté près le tribunal de 1re instance de Bruxelles. — 40, rue Tasson-Snel, Bruxelles.

C. 1868. **Chevrand**, Antonio. Docteur en médecine. — Cantagallo (Brésil).

E. 1870. **Cogels**, Paul. — Château de Boeckenberg, Deurne, près d'Anvers.

E. 1887. **Cornet**, Jules, Professeur de géologie à l'École des mines du Hainaut. — 86, boulevard Dolez, Mons.

V. 1885. **Cossmann**, Maurice, Ingénieur, Chef des services techniques de la Compagnie du chemin de fer du Nord. — 95, rue de Maubeuge, Paris, X.

E. 1884. **Daimeries**, Anthyme, Ingénieur, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Chef des Travaux chimiques. — 4, rue Royale, Bruxelles.

C. 1864. **d'Ancona**, Cesare, Docteur en sciences, Aide-Naturaliste au Musée d'histoire naturelle. — Florence (Italie).

V. 1866. **Dautzenberg**, Philippe, ancien Président de la Société zoologique de France. — 213, rue de l'Université, Paris, VII.

E. 1904. **de Contreras**, Marcel. — 231, rue du Trône, Bruxelles.

E. 1880. **de Cort**, Hugo, Membre de la Commission permanente d'études du Musée de l'État Indépendant du Congo, etc. — 4, rue d'Holbach, Lille (France).

E. 1880. **de Dorlodot**, le Chanoine Henry, Professeur de Paléontologie stratigraphique à l'Université catholique. — 18, rue Léopold, Louvain.

E. 1874. **de Guerne**, Baron Jules, Licencié ès sciences, ancien Président de la Société zoologique de France, Secrétaire général de la Société nationale d'Acclimatation de France. — 6, rue de Tournon, Paris, VI.

E. 1876. **Dejaer**, Ernest, Directeur général des mines, Président de la Commission géologique de Belgique. — 59, rue de la Charité, Bruxelles.

E. 1887. **Delheid**, Édouard. — 63, rue Veydt, Bruxelles.

E. 1880. **de Limburg Stirum**, Comte Adolphe, Membre de la Chambre des représentants. — 23, rue du Commerce, Bruxelles, et Saint-Jean, par Manhay.

H. 1899. **S. A. S. le Prince Albert Ier de Monaco**. — 7, cité du Retiro, Paris, VIII.

H. 1888. **de Moreau**, Chevalier A., ancien Ministre de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics. — 186, avenue Louise, Bruxelles.

E. 1872. **Denis**, Hector, Avocat, Professeur à l'Université libre de Bruxelles, Membre de la Chambre des représentants. — 46, rue de la Croix, Bruxelles.

C. 1895. **De Pauw**, L. F., Conservateur général des collections de l'Université libre de Bruxelles. — 84, chaussée de Saint-Pierre, Bruxelles.

E. 1897. **De Quanter**, A., Administrateur-Directeur de la Société « L'Union belge ». — 29, place de l'Industrie, Bruxelles.

E. 1903. **Desneux**, Jules. — 19, rue du Midi, Bruxelles.

F. 1863. **Dewalque**, Dr Gustave, Professeur émérite à l'Université de Liége, Membre de l'Académie royale des sciences de Belgique. — 16, rue Simonon, Liége.

E. 1872. **Dollfus**, Gustave, Collaborateur principal au Service de la carte géologique de France, ancien Président de la Société géologique de France. — 45, rue de Chabrol, Paris, X.

E. 1900. **Dupuis**, Paul, Lieutenant. — 80, rue Wéry, Bruxelles.

E. 1886. **Firket**, Adolphe, Ingénieur, Inspecteur général des mines, Chargé de cours à l'Université. — 28, rue Dartois, Liége.

F. 1863. **Fologne**, Égide. — 72, rue de Hongrie, Bruxelles.

C. 1878. **Foresti**, Dr Lodovico, Aide-Naturaliste de géologie au Musée de l'Université de Bologne. — Hors la Porta Saragozza, nos 140-141, Bologne (Italie).

E. 1879. **Forir**, Henri, Ingénieur honoraire des mines, Répétiteur de minéralogie et de géologie à l'École des mines, Conservateur des collections de minéralogie et de géologie de l'Université. — 25, rue Nysten, Liége.

E. 1901. **Fournier**, Dom Grégoire, Professeur de géologie à l'Abbaye de Maredsous.

E. 1874. **Friren**, l'Abbé A., Chanoine honoraire, Directeur du Petit Séminaire. — Montigny-lés-Metz [Lorraine] (Allemagne).

E. 1902. **Geret**, L., Conchyliologiste. — 76, Faubourg Saint-Denis, Paris, X.

E. 1895. **Gilson,** Gustave, Professeur à l'Université. — Rue du Canal, Louvain.

H. 1874. **Gosselet**, Jules, Doyen de la Faculté des sciences de l'Université, Correspondant de l'Institut de France. — 18, rue d'Antin, Lille (France).

H. 1895. **Graux**, Charles, ancien Sénateur, Administrateur-Inspecteur de l'Université libre de Bruxelles. — 38, avenue Louise, Bruxelles.

H. 1868. **Hidalgo,** Dr J. Gonzalès, Professeur de minéralogie au Musée des Sciences, Membre de l'Académie royale des Sciences exactes. — 36, Alcala 3° irq., Madrid

C. 1874. **Issel**, Dr Arturo, Professeur à l'Université. — 3, Via Giapollo, Gênes (Italie).

C. 1873. **Jones**, T.-Rupert, F. R. S., ancien Professeur au Collège de l'état-major. — 17, Parson's Green, Fulham, Londres, S. W.

E. 1899 **Kemna**, Adolphe, Docteur en sciences, Directeur des « Waterworks » de la ville d'Anvers. — 6, rue Montebello, Anvers.

C. 1872. **Kobelt**, Dr W. — Schwanheim-sur-le-Mein (Allemagne).

E. 1896. **Kruseman**, Henri, Ingénieur-Géologue. — 24, rue Africaine, Bruxelles.

C. 1864. **Lallemant**, Charles, Pharmacien. — L'Arba, près Alger (Algérie).

E. 1890. **Lameere**, Auguste, Docteur en sciences, Professeur à l'Université libre de Bruxelles. — 10, Avenue du Haut-Pont, Bruxelles.

E. 1867. **Lanszweert**, Édouard, ex-Pharmacien du Roi. — 87, rue de la Chapelle, Ostende.

E. 1872. **Lefèvre**, Théodore. — Château de Petit-Spay, par Trois-Ponts.

E. 1902. **Loppens**, Karel, Membre de la Société royale de Botanique de Belgique. — 7, rue du Marché, Nieuport.

E. 1897. **Lucas**, Walthère, Chimiste. — 54, rue Berckmans, Bruxelles [actuellement à Boulam (Congo portugais)].

E. 1890. **Malvaux**, Jean, Industriel. — 43, rue de Launoy, Bruxelles.

C. 1866. **Manfredonia**, Dr Commandeur Giuseppe. — 70, via Fonseca, Naples (Italie).

E. 1903. **Masay**, Fernand, Étudiant en médecine. — Clabecq, par Tubize.

C. 1872. **Matthew**, G.-F., Inspecteur des douanes. — Saint-John [Nouveau-Brunswick] (Canada).

E. 1884. **Medlicott**, Henry-Benedict, M. A., F. R. S., ex-Superintendant du Service géologique de l'Inde anglaise. — Londres (care of Messrs. H. S. King & Co., 65, Cornhill, E. C.).

E. 1882. **Moens**, Jean, Avocat. — Lede, près Alost.

E. 1870. **Mourlon**, Michel, Docteur en sciences, Directeur du Service géologique de Belgique, Membre de l'Académie royale des sciences de Belgique. — 107, rue Belliard, Bruxelles.

E. 1887. **Navez**, Louis, Littérateur. — 162, chaussée de Haecht, Bruxelles.

C. 1869. **Paulucci**, Mme la marquise Marianna. — Villa Novoli, Florence (Italie).

E. 1880. **Pelseneer**, Paul, Docteur agrégé à la Faculté des sciences de Bruxelles, Professeur à l'École normale de Gand. — 53, boulevard Léopold, Gand

E. 1882. **Pergens**, Édouard, Docteur en sciences et en médecine. — Maeseyck.

E. 1896. **Philippson**, Maurice, Docteur en sciences naturelles. — 18, rue Guimard, Bruxelles.

E. 1879. **Piret**, Adolphe, Comptoir belge de Minéralogie et de Paléontologie. — 3, Palais Saint-Jacques, Tournai.

E. 1873. **Potier**, Alfred, Membre de l'Institut, Ingénieur en chef des mines, Professeur à l'École polytechnique. — 89, boulevard Saint-Michel, Paris, V.

E. 1869. **Preudhomme de Borre**, Alfred. — Villa Fauvette, Petit Saconnex, près Genève.

E. 1897. **Putzeys**, Sylvère, Docteur en médecine. — 24, rue Anoul, Bruxelles.

E. 1903. **Quinet**, Docteur en médecine. — 14, rue de la Sablonnière, Bruxelles.

E. 1882. **Raeymaekers**, Dr Désiré, Médecin de bataillon au 1er régiment d'artillerie. — 303, boulevard des Hospices, Gand.

C. 1868. **Rodriguez**, Juan, Directeur du Musée d'histoire naturelle. — Guatemala.

E. 1898. **Rousseau**, Ernest, Docteur en médecine, Secrétaire de la Société entomologique de Belgique. — 60, avenue de la Couronne, Bruxelles.

E. 1872. **Rutot**, Aimé, Ingénieur honoraire des mines, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, Membre du Comité de direction de la Carte géologique. — 177, rue de la Loi, Bruxelles.

V. 1885. **Schmitz**, Gaspar, S.-J., Directeur du Musée géologique des bassins houillers belges, Professeur au Collège Notre-Dame de la Paix. — 11, rue des Récollets, Louvain.

E. 1903. **Schouteden**, Henri, Bibliothécaire de la Société entomologique. — 12, chaussée d'Ixelles, Bruxelles.

H. 1878. **Selwyn**, Alfred, R. C., C. M. G., LL. D., F. R. S., Directeur de la Commission géologique du Canada. — 1374, Robson street, Vancouver (Colombie britannique).

E. 1890. **Serradell y Planella**, Dr Baltasar, Médecin de la Croix-Rouge. — 6*bis*, 1°, Cadena, Barcelone (Espagne).

P. 1889. **Severeyns**, G., Propriétaire. — 103, rue Gallait, Bruxelles.

E. 1903. **Severin**, Guillaume, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle. — 75, avenue Nouvelle, Bruxelles.

P. 1891. **Solvay**, Ernest, Industriel, Fondateur de l'Institut Solvay. — 45, rue des Champs-Élysées, Bruxelles.

E. 1889. **Stainier**, Xavier, Docteur en sciences naturelles, Professeur à l'Institut agricole de l'État, Membre de la Commission de la Carte géologique de la Belgique. — Rue Pierquin, Gembloux.

E. 1904. **Steinmetz**, Fritz. — Avocat, 10, rue de la Mélane, Malines.

E. 1895. **Sykes**, Ernest Ruthven, B. A.; F. Z. S. — 3, Gray's Inn Place, Gray's Inn, Londres, W. C.

E. 1903. **Thum**, Émile, Stud. Phil., Zoologisches Institut. — 3, Weinberggasse, Prague (Autriche).

E. 1879. **Tillier**, Achille, Architecte. — Pâturages.

E. 1869. **Van den Broeck**, Ernest, Conservateur au Musée royal d'histoire naturelle, Membre du Comité de direction de la Carte géologique du Royaume, Secrétaire général de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie. — 39, place de l'Industrie, Bruxelles.

E. 1896. **Vandeveld**, Ernest, Bibliophile. — 12, avenue de la Brabançonne, Bruxelles.

E. 1903. **Van de Wiele**, Dr Charles. — 27, boulevard Militaire, Bruxelles.

E. 1873. **van Ertborn**, Baron Octave. — 32, rue d'Espagne, Bruxelles.

E. 1904. **Van Heurck**, Dr. — 8, rue de la Santé, Anvers.

E. 1880. **Velge**, Gustave, Ingénieur civil, Conseiller provincial. — Lennick-Saint-Quentin.

E. 1891. **Verstraete**, Émilien, Major retraité. — 40, rue Osseghem, Bruxelles.

E. 1886. **Vincent**, Émile, Docteur en sciences naturelles, Attaché à l'Observatoire royal. — 35, rue De Pascale, Bruxelles.

C. 1882. **von Koenen**, Dr Adolphe, Professeur de géologie et de paléontologie à l'Université royale de Göttingue. — Göttingue (Allemagne).

E. 1876. **Weissenbruch**, Paul, Imprimeur du Roi. — 49, rue du Poinçon, Bruxelles.

C. 1872. **Westerlund**, Dr Carl-Agardh. — Ronneby (Suède).

F. 1863. **Weyers**, Joseph-Léopold. — 35, rue Joseph II, Bruxelles.

E. 1903. **Willem**, Victor, chef des Travaux zoologiques à l'Université. — 8, rue Willems, Gand.

H. 1881. **Woodward**, Dr Henry, LL. D., F. R. S., Conservateur de la section de géologie du British Museum. — 129, Beaufort street, Chelsea, Londres S. W.

H. 1879. **Yseux**, Dr Émile, Professeur de zoologie et d'anatomie comparée à l'Université libre de Bruxelles. — 97, avenue du Midi, Bruxelles.

Membre décédé en 1904.

C. 1872. **Heynemann**, D.-F. — Sachsenhausen, près Francfort-sur-le-Mein (Allemagne).

Souscripteurs aux publications.

Ministère de l'Intérieur et de l'Instruction publique, à Bruxelles (35 exemplaires) ;

Gouvernement provincial du Brabant, à Bruxelles (1 exemplaire) ;

Service technique provincial du Brabant, 9, rue des Douze-Apôtres, à Bruxelles (1 exemplaire) ;

Bibliothèque de l'École normale, 98, boulevard du Hainaut, à Bruxelles (1 exemplaire) ;

Université libre de Bruxelles (1 exemplaire) ;

Service des Échanges internationaux, 5, rue du Musée, à Bruxelles (3 exemplaires) ;

Institut cartographique militaire, La Cambre, à Bruxelles (1 exemplaire) ;

Librairie Dulau & Co., 37, Soho Square, à Londres (2 exemplaires) ;

Librairie Lamertin, 20, rue du Marché-aux-Bois, à Bruxelles (1 exemplaire) ;

Librairie Misch & Thron, 58B, rue Royale, à Bruxelles (3 exemplaires).

TABLEAUX INDICATIFS

DES

MEMBRES FONDATEURS,

PRÉSIDENTS, VICE-PRÉSIDENTS, TRÉSORIERS, BIBLIOTHÉCAIRES

ET SECRÉTAIRES DE LA SOCIÉTÉ DE 1863 A 1904.

MEMBRES FONDATEURS.

1er janvier 1863.

J. Colbeau.
F. de Malzine.
Ég. Fologne.
H. Lambotte.
Fr. Roffiaen.
A. Seghers.
J.-L. Weyers.

6 avril 1863.

A. Bellynck.
Eug. Charlier.
Ch. Cocheteux.
Comte M. de Robiano.
Baron Ph. de Ryckholt.
Baron Edm. de Sélys-Longchamps.
J. d'Udekem.
G. Dewalque.
F. Éloin.
L. Geelhand de Merxem.
L'abbé Michot.
Adr. Rosart.
A. Thielens.
Alb. Toilliez.

PRÉSIDENTS.

1863-1865. H. Lambotte.
1865-1867. H. Adan.
1867-1869. Comte M. de Robiano.
1869-1871. J. Colbeau.
1871-1873. H. Nyst.
1873-1875. **G. Dewalque.**
1875-1877. J. Crocq.
1877-1879. A. Briart.
1879-1881. J. Crocq.
1881-1882. Fr. Roffiaen.
1882-1884. J. Crocq.
1884-1886. **P. Cogels.**
1886-1888. J. Crocq.
1888-1890. F. Crépin.
1890-1892. É. Hennequin.
1892-1894. J. Crocq.
1894-1896. **A. Daimeries.**
1896-1898. J. Crocq.
1898-1900. **M. Mourlon.**
1901-1902. **A. Lameere.**
1903-1904. **Ph. Dautzenberg.**

VICE-PRÉSIDENTS.

1863-1865. F. de Malzine.
1865-1867. H. Lambotte.
1867-1869. H. Adan.
1869-1870. Comte M. de Robiano.
1870-1871. H. Lambotte.
1871-1873 Th. Lecomte.
1873-1875. **J.-L. Weyers.**
1875-1879. Fr. Roffiaen.
1879-1884. **H. Denis.**
1884-1886. J. Crocq.
1886-1887. **H. Denis.**
1887-1893. **P. Cogels.**
1893-1895. É. Hennequin.
1895-1896. J. Crocq.
1896-1898. **A. Daimeries.**
1898. J. Crocq.
1898-1900. É. Hennequin.
1901-1904. Baron **O. van Ertborn.**

TRÉSORIERS.

1863-1868. J. Colbeau.
1869-1903. **Ég. Fologne.**

BIBLIOTHÉCAIRES.

1863-1871. **J.-L. Weyers.**
1872-1877. **Ern. Van den Broeck.**
1877-1878. { **Ern. Van den Broeck.** / **A. Rutot.**
1878-1882. **Th. Lefèvre.**
1882-1884 L. Pigneur.
1885-1895. **Th. Lefèvre.**
1895-1904. **H. de Cort.**

SECRÉTAIRES.

1863-1868. J. Colbeau.
1869-1871. C. Staes.
1871-1881. J. Colbeau.
1881-1895. **Th. Lefèvre.**
1895-1896. **H. de Cort.**

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL.

1896-1904. **H. de Cort.**

ERRATA.

Page xlv, ligne 21, *au lieu de : « echelata », lisez : « chelata ».*

Page xlvi, ligne 23, *au lieu de : « Disphagia », lisez : « Diphagia ».*

Page xlvii, ligne 27, *au lieu de :* « trouvée en mer », *lisez :* « provenant de l'écluse du bassin ».

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXIX (1904)

DES ANNALES DE LA SOCIÉTÉ ROYALE ZOOLOGIQUE ET MALACOLOGIQUE DE BELGIQUE

Pages.

Mémoires. 1

L. Calvet : *Liste des Bryozoaires marins des collections du Musée royal d'histoire naturelle de Bruxelles* 3

Ad Kemna : *La biologie des eaux potables.* 9

Bulletins des séances. I

Assemblée générale du 10 janvier 1904. III

Rapport du Président III

Rapport du Trésorier V

Élections VI

Séance du 6 février VII

Composition du Conseil pour 1904 X

Ad. Kemna : *Morphologie des Foraminifères arénacés* XI

Séance du 5 mars XLIII

Autorisation de porter le titre de Société Royale Zoologique et Malacologique de Belgique XLIV

K. Loppens : *Bryozoaires et Cnidozoaires nouveaux pour la faune belge trouvés pour la plupart pendant l'année 1903* XLV

K. Loppens : *Un Crustacé perforant* (LIMNORIA TEREBRANS) *non encore signalé en Belgique* XLVII

Séance du 2 avril XLVIII

Ad. Kemna : *La taille des animaux.* LI

Séance du 7 mai. LXXXII

Séance du 4 juin. LXXXII

Séance du 2 juillet LXXXIII

Séance du 1er octobre LXXXIV

Ad. Kemna : *L'origine de la corde dorsale.* LXXXV

Séance du 5 novembre CLVIII

M. de Contreras : *Introduction du Grouse en Belgique* CLIX

Pages.

Séance du 6 décembre CLXII

L.-F. De Pauw : *Quelques considérations sur l'Okapi* (fig. 1-2) . CLXIII

Ad. Kemna : *Les structures cérébrales dorsales chez les Vertébrés inférieurs* CLXVI

Bulletin bibliographique CCIII

Liste des Sociétés et Institutions correspondantes, avec indication des ouvrages reçus pendant l'année 1904 CCV

Liste des membres CCXLI

Souscripteurs aux publications CCXLVIII

Tableaux indicatifs des Membres fondateurs, Présidents, Vice-Présidents, Trésoriers, Bibliothécaires et Secrétaires de la Société de 1863 à 1904 CCXLIX

Errata CCL

Table générale des matières CCLI

PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ ROYALE ZOOLOGIQUE ET MALACOLOGIQUE

DE BELGIQUE

Annales, tomes I à XXXIX (1863-1904).

Depuis janvier 1899, les *Annales* se distribuent par feuilles de 16 pages comportant des *Mémoires* (paginés en chiffres arabes) et les *Bulletins des séances* (à pagination en chiffres romains).

Bulletins, tomes I à VI (1863-1871).

Procès-verbaux des séances, tomes I à XXVII (1872-1898).

Les *Procès-verbaux* ont cessé de paraître le 3 décembre 1898 et ils sont remplacés depuis le 1er janvier 1899 par les *Bulletins des séances*.

Traductions et Reproductions, tome I, 1873 (Sur la structure des couches du crag de Norfolk et de Suffolk, avec quelques observations sur leurs restes organiques, par Prestwich, traduction de M. Mourlon. — Avec 34 figures sur bois).

Une vraie Nummulite carbonifère, par H. Brady, traduction de Ern. Van den Broeck, avec une planche, 1874. (Tiré à part du tome II des *Traductions et Reproductions*.)

Sur les Brachiopodes tertiaires de Belgique, par Th. Davidson, traduction de Th. Lefèvre, avec 2 planches, 1874. (Tiré à part du tome II des *Traductions et Reproductions*.)

Catalogue illustré des coquilles fossiles de l'Éocène des environs de Paris, par M. Cossmann. (Tirés à part des tomes XXI (1896) et suivants des *Annales*.)

Tous les envois destinés à la Société doivent être adressés en son local :

14, rue des Sols (Université libre de Bruxelles),

et la correspondance, au Secrétaire général :

Hugo de Cort,

4, rue d'Holbach, à Lille.

(France.)

MCZ ERNST MAYR LIBRARY
3 2044 128 443 959

Date Due

~~29Dec50~~	